

建筑结构常见疑难设计



湖南大学出版社

551

—

2720

邹仲康
莫沛铨

编著

建筑结构常见疑难设计

湖南大学出版社

内 容 简 介

本书从结构的整体性出发,探求结构设计的合理性。在对 120 个常见又有一定难度的建筑结构设计问题的讨论中,介绍了新工程 60 余个,提供设计计算实例 40 个。综合有关理论知识和实践经验,提出设计计算方法和结构构造;对繁杂的计算,编制了实用设计图表。可供建筑结构设计、施工及管理人员参考。

建筑结构常见疑难设计

邹仲康 莫沛镔 编著



湖南大学出版社出版发行

(长沙市岳麓山)

湖南省新华书店经销 湖南大学印刷厂印装



850×1168毫米 32开本 20.25印张 500千字 1插页

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

印数: 0—14000册

ISBN 7—314—00154—5/TU·4

统一书号: 15412·31 定价: 5.70元

前 言

近十余年，我国建筑事业蓬勃发展，理论研究和工程实践中，新成果、新技术不断涌现，建筑结构设计水平也相应地不断提高；但是另一方面，由于技术原因造成的质量低劣和浪费现象比较普遍，工程事故时有发生。质量是建筑的百年大计。经济、适用、美观是我国的建筑方针。今年，城乡建设环境保护部提出：“科研、设计、施工、生产单位，都要以节约能源、节约原材料、提高效益为前提……制订和实行繁荣建筑创作和以节能节材为中心的行业技术进步措施。”我们遵循这一精神，将工程实践中积累的一些经验和资料，整理出来，供同行参考。错误和不当之处，请批评、指正。

本书选取工程实践中常见而结构本身又较复杂、常见但缺乏明确设计计算方法的建筑结构设计作为研究对象。这类问题的解决往往需要综合系统的理论知识和工程实践经验，目前有关书籍中较少涉及。例如，软弱地基的处理、地基中防空洞的处理、深基础中灌注桩和沉井设计；高挡土墙的设计和计算；高层建筑、空旷建筑、悬挑建筑的结构选型和设计；结构缝的处理、砖混结构超高的处理；各种结构的抗震设计；无柱帽无梁楼盖、装配整体式楼盖的设计；螺旋楼梯和悬挑楼梯的设计，等等。在选题上，兼顾大、中、小型工程和南、北方工程，优先介绍新结构、新技术。内容介绍上，力求完整、系统、详尽，对其他书中已有介绍的则从略。设计计算方法以手算为主，计算过程多采用表格形式表述，便于编制计算机程序

且节省篇幅，钢筋混凝土结构，除按现行规范计算外，还介绍了（85）新规范的计算原则和方法。书中的单位，一般采用新标准计量单位，部分问题为了便于按现有表格计算，仍采用习用计量单位，或两者并列。

限于篇幅，特殊结构和结构加固处理、微机计算及其应用，未按原计划列入，谨向读者致歉。

本书第一、二、五章由邹仲康执笔，第三、四、六章由莫沛镛执笔。编写过程中，得到湖南大学设计研究院及北京市建筑设计院有关同志的大力支持；书中还参考、引用了一些同志的有关论著，得益于他们的创见，在此一併表示感谢。

工程实践异常丰富，需要不断交流，以共同促进技术进步。我们殷切期望同行提供更宝贵的经验。

作 者

一九八七年四月

目 录

1. 基础工程	1
1-1 地基勘探要求及勘探资料处理	1
选址勘察 初步勘察 详细勘察 施工勘察	
1-2 软弱地基加固设计	9
换土垫层设计 强夯法加固 挤密砂桩和振冲桩加固	
土桩和灰土桩加固	
1-3 灌注桩基础	32
灌注桩选择 单桩垂直承载力的确定	
单桩水平承载力的确定 桩基设计 大直径灌注桩基础	
1-4 沉井基础	79
沉井类型与构造 沉井基础整体计算 刃脚计算	
井壁和封底计算 实例	
1-5 片筏基础	103
片筏基础形式 设计原理 按刚性方法设计	
按弹性板方法设计 按弹性地基梁设计	
1-6 地基中防空洞处理	123
对地基中防空洞的评价 防空洞承载力的确定	
地基中防空洞的加固设计 实例	
2. 挡土墙	141
2-1 挡土墙类型及平面布置	141
2-2 挡土墙填土的选择	143
填土类型 填土的抗剪强度	
2-3 挡土墙上的土压力	146
变形条件 满足变形条件挡土墙的土压力计算	
作用在不变形挡土墙上的土压力 填土表面超载对土压力	
的影响 地震时的土压力	
2-4 重力式挡土墙的设计	158

	种类和构造	计算	实例	
2-5	悬臂式和扶壁式挡土墙的设计	176		
	悬臂式挡土墙	扶壁式挡土墙		
2-6	有支撑挡土墙的设计	185		
	锚杆挡土墙	有支撑的板桩墙		
3.	结构选型	200		
3-1	结构与建筑的协调统一	200		
	结构选型	结构布置	局部结构处理	个别结构设计
3-2	混合结构的刚度和变形	218		
3-3	砖石结构超高的处理方法	226		
	加钢筋混凝土构造柱	加钢筋网水泥砂浆层		
	水平网状配筋砌体			
3-4	减少房屋结构缝的途径	240		
3-5	沉降缝的结构处理	249		
3-6	空旷建筑的结构选型	254		
	影剧院的结构布置	大型锅炉房的结构布置		
3-7	高层建筑选型及结构布置	264		
	高层建筑的总体布置	结构类型	框架结构	
	框架剪力墙结构	剪力墙结构	筒体结构	
4.	结构设计 with 构造	294		
4-1	悬挑挑台结构	294		
	框架式悬挑挑台结构	桁架式悬挑挑台结构	横梁式悬挑挑台结构	交叉梁式悬挑挑台结构
	挑挑台结构	交叉梁式悬挑挑台结构	实例	
4-2	台口大梁及主舞台设计	304		
	台口大梁设计	主舞台设计	实例	
4-3	高层建筑抗震设计	311		
	高层建筑的荷载	抗震设计的几个基本概念		
	结构的刚度	建筑物自振周期	地震荷载作用的方向	
	变形的控制	柱子截面及剪力墙数量的确定	实例	
4-4	框架系水平荷载作用下内力及位移计算	351		

4-5 水平荷载作用下框架剪力墙体系的协同作用	366
简化计算方法 微分方程法 内力计算	
4-6 剪力墙体系的抗震计算	381
整体墙和小开口墙 壁式框架和并联墙	
4-7 底层大空间剪力墙结构抗震设计	391
结构布置 设计计算方法	
4-8 剪力墙的截面设计	398
4-9 高层建筑结构构造措施	405
框架结构梁柱节点 框架结构梁柱节点设计	
框架结构梁柱节点其它构造 剪力墙结构构造	
装配式大板结构构造	
4-10 抗震设计实例	441
5. 钢筋混凝土楼盖结构	462
5-1 钢筋混凝土楼盖的类型和选用原则	462
5-2 大楼板的设计计算和构造	464
双向板的内力计算与构造要求 无粘结预应力现浇混凝土 平板 实例 密肋楼盖	
5-3 无柱帽无梁楼盖的设计计算与构造	499
适用范围及结构布置 设计计算方法 配筋及构造 实例	
5-4 装配整体式楼盖	518
装配整体式梁板的计算方法 装配整体式楼盖的连 接构造 预制空心板整浇楼面的设计 预应力叠合式 楼板的设计 装配整体式预应力板柱结构设计	
6. 楼梯设计	564
6-1 有边梁式楼梯	566
有边梁式楼梯设计和计算 预制有边梁式楼梯的联结构造	
6-2 板式楼梯	573

6-3 梁式楼梯.....	578
6-4 墙式悬挑楼梯.....	580
6-5 螺旋楼梯.....	582
受力特点 螺旋曲线的微分方程 两端固定螺旋楼梯	
简化计算方法 实例	
6-6 悬挑楼梯.....	624
主要参考资料.....	632

基础工程约占建筑结构工程的三分之一。准确地了解地基情况，作出正确判断，选择合理的基础形式，精确地设计，有着重要的技术和经济意义。随着高层建筑的发展，以及大跨度、大开间结构的采用，基础工程的重要性和技术上的难度更进一步增加。本章综合我国现行规范和有关省区对特殊地基的规定，阐述了基础设计的各个阶段对地基勘探的要求；介绍了几种在工程实践中发展起来的比较简便有效的软弱地基加固设计；在高层建筑和重要建筑中比较常用的灌注桩基础、沉井基础和片筏基础，一般专业书中较少涉及，本章作比较详细的介绍；对城区基础工程中常遇到的防空洞，作者根据工程实践经验，提出加固设计方法。

1-1 地基勘探要求及勘探资料处理

场地地基勘探资料是建筑物基础设计的依据。为了做好设计，必须充分了解地基状态，尤其是基底土层的荷载变形性能。在实际工程中，结构工程师应按不同的设计阶段，向工程勘察单位分别提出选址勘察、初勘和详勘任务书。任务书中应明确提出设计所需的地基资料、钻探点的布置和钻探深度，对较重要建筑物的复杂地基参加施工验槽，必要时提出其他施工勘察要求。

1-1-1 选 址 勘 察

选址勘察是对几个拟选场地的稳定和适宜性作出工程地质评价和方案比较，以便避开地质条件恶劣的地区或地段。要求

先搜集和分析区域地质、地形地貌、地震、矿产和附近地区的工程地质资料。根据当地的建筑经验，结合本工程的具体要求，有重点地进行踏勘，了解场地的地层岩性、地质构造、岩石和土的性质、地下水情况以及不良地质现象等工程地质条件。选址时，应避开有地下溶洞、滑坡等不良地质现象发育的地段，以免直接危害建筑物或存隐患；避开受洪水威胁或地下水侵蚀性严重的地段；对有抗震要求的地区，尽量避开有埋藏较浅、厚度较大、分布较广的可能液化的饱和砂土以及塑性指数小于7的饱和轻亚粘土的地段。设计烈度为8度或9度时的发震断裂带不应作为建筑物场地；地下有可开采的矿藏或未稳定的采空区也不宜选用。在湿陷性黄土地区，要特别注意避开新建水库可能引起地下水位上升的地段；重大建筑物应避开自重湿陷性黄土层厚度大的地段；避开由于建设可能引起工程地质条件恶化的地段。在膨胀土地区，特别注意避免滑坡，避开未经整理的坡脊、冲沟、坡腰等多面临坡的场地。

1-1-2 初步勘察

在建筑初步规划方案或建筑区范围确定之后，为初步设计或扩大初步设计提供依据，必须进行初步勘察。建设方和设计方应提供附有建筑区范围的地形图和有关工程的性质及规模的文件。要求初步查明地层、构造、岩石和土的物理力学性质，地下水埋藏条件及冻结深度；查明场地不良地质现象的成因，分布范围，对场地稳定性的影响程度及其发展趋势。设计烈度为7度~9度时，应判定场地和地基的地震效应。对湿陷性黄土或膨胀土，还应分别查明其成因、厚度、分布、类型和等级。勘探线、点间距，可根据场地类别分别按表1-1-1、1-1-2确定。

表1-1-1

初勘勘探线、点间距 (m) *

场 地 类 别	勘探线间距	勘探点间距
简 单 场 地	200~400	150~300 (150~250)**
中 等 场 地	100~200	50~150 (100~150)
复 杂 场 地	<100	<50 (50~100)

注：* 表中间距不适用于地球物理勘探；

** () 中数值仅适用于湿陷性黄土地区。

表1-1-2

膨胀土区初勘勘探线、点间距 (m)

土类型 线点距 场 地 类 别	I		II		III	
	线距	点距	线距	点距	线距	点距
简 单 场 地	120~150	80~100	150~180	100~120	120~150	80~100
中 等 场 地	75~120	50~80	120~150	80~100	75~100	50~80
复 杂 场 地	<75	<50	90~120	60~80	<75	<50

初勘勘探孔可分一般性和控制性两类。每个地貌单元或高层建筑和高耸构筑物场地应有控制性孔，占勘探孔总数的1/5~1/3。勘探孔深度，根据可能布置的建筑物的类别和场地工程地质条件，分别按表1-1-3、1-1-4确定。

表1-1-3

初勘勘探孔深度 (m)

勘探孔种类 建筑物类别	一般性勘探孔	控制性勘探孔
I 类	10~15	15~30
II 类	6~12 (5~8)	(穿透湿陷性黄土层) 12~20

表中勘探孔包括钻孔、探井、触探孔及铲探孔，（ ）号中数值仅适用于湿陷性黄土区。对于膨胀土区，尚应考虑膨胀土的成因类型和大气影响深度。后者是指土层受大气影响不大、土的胀缩变形基本稳定的起始深度，一般为5~8m。在此深度内有稳定地下水位时，则以稳定水位的埋深作为大气影响深度。膨胀土区的初勘钻孔深度见表1-1-4。

表1-1-4 膨胀土区初勘钻孔深度 (m)

土类型 孔深 建筑物类别	I		II		III	
	一般孔	控制孔	一般孔	控制孔	一般孔	控制孔
甲	8~12	10~20	10~15	15~30	10~15	15~30
乙	8~10	10~15	8~10	10~20	8~10	10~15
丙	8	8~12	8	8~15	5~8	8~12

初勘中遇到下列情况应适当增减勘探孔深度。在预定深度内遇见基岩，除部分控制性孔应钻入基岩适当深度外，其它孔达到基岩即可；当预计的基础埋深以下有厚度超过3m且分布均匀的坚实土层（如碎石、老粘土等）存在，其下又无软弱下卧层时，则除部分控制性孔应达到预定深度外，其它孔钻入该层适当深度即可。当预定深度内有软弱地层存在，且其层底在预定深度以下时，应适当加深或予以钻穿。

初勘时的取样孔，平面上适当均匀分布，竖向上各土层均有，其数量一般占总孔数的1/4~1/2。应查明地下水对工程的影响，实测地下水位，必要时绘制地下等水位线图。对地下水浸泡基础的不良环境地质条件，应取不少于两处水样，进行侵蚀性分析。

1-1-3 详细勘察

详细勘察提供建筑地基的工程地质评价和地基基础施工图设计的依据。包括在建筑平面位置座标,地面整平标高,上部结构形式、尺寸、荷载及地下设施已确定的情况下,根据可能采取的基础形式、尺寸、埋深和所承受的荷载等,提出勘探点布置及深度要求;进一步查明建筑物范围内的地层情况,提供各层岩土的物理力学特性指标;对稳定地层的承载力和需要防治的不良地质,提出计算指标及资料;提供地下水位及水质情况,并判定建筑物施工和使用中可能产生的影响等。详勘勘探点间距,可按表 1-1-5、1-1-6 确定。

表 1-1-5 详勘勘探点间距 (m)

建筑物类别 场地类别	I 类	II 类	对湿陷性黄土区的各类建筑
简单场地	35~50	50~75	50~100
中等场地	20~35	25~50	30~50
复杂场地	<20	<25	<30

膨胀土区基底荷载小的丙类建筑和基底荷载较大的甲类建筑勘探点间距相同,见表 1-1-6。

对复杂场地或重要的建筑物,详勘勘探点宜按主要柱列轴线布置,其他情况可沿建筑物周边或按建筑群布置。高层建筑(八~二十层)做箱形基础时,钻孔的布置应足以评价建筑物纵横两个方向地层土质的均匀性。每幢单独高层建筑物的钻孔数不小于四个,其中控制钻孔不少于两个,其最大间距 $\leq 35\text{m}$ 。在美国通常是在建筑物的每个角上布置一个钻孔,建筑物中央布置一个钻孔。

表1-1-6 膨胀土区详勘勘探点间距 (m)

场地类别	建筑物类别	土 类 型		
		I	I	II
一	甲、丙	<15	<20	<15
	乙	<20	<25	<20
二	甲、丙	15~25	20~30	15~25
	乙	20~30	25~35	20~30
三	甲、丙	20~30	25~35	20~30
	乙	25~35	30~40	25~35

详勘勘探孔深度以能控制地基主要受力层为原则。当基础短边不大于 5 m，且在地基压缩层计算深度内又无软弱下卧层存在时，勘探孔深度对条形基础一般为 $3B \sim 3.5B$ (B 为基础宽度)，对单独柱基为 $1B \sim 1.5B$ ，但应有部分勘探孔深度不小于 5 m。对须进行变形验算的地基，部分勘探孔应达到地基压缩层的计算深度。在一般情况下，勘探孔深度，可按表 1-1-7 确定。

表1-1-7 详勘勘探孔深度 (m)

基础宽度 B(米)	1	2	3	4	5
基础型式					
条 形 基 础	6	10	12	—	—
单 独 柱 基		6	9	11	12

对湿陷性黄土区勘探点的深度，在非自重湿陷性黄土场

地，除应大于地基压缩层的深度外，还应大于基础底面下 5 m。在自重湿陷性黄土地，应根据湿陷性黄土层厚度确定。当基础底面下湿陷性黄土层厚度大于 10 m 时，不应小于基础底面下 10 m。对甲、乙类建筑物，宜有一定数量的取土勘探点穿透湿陷性黄土层。对膨胀土区勘探点的深度，除要求符合表 1-1-7 外，还应满足大气影响深度的要求，一般为 6~8 m。对于二十层以下高层建筑的箱形基础，控制性钻孔的深度，从基础底面算起一般为 1.0~2.0 倍箱形基础宽度。在美国，要求勘探至基底以下，建筑物短边尺寸的 1.5~2.0 倍。该深度法向应力近似等于附加荷载的 10%，剪应力的最大值近似等于附加荷载的 5%，不会影响承载和沉降计算。有深埋软弱地层时，至少应使头一个钻孔钻入基岩，以判明情况，确定其余钻孔的深度要求。对于 $B=10\sim30\text{m}$ 的大基础，自基底算起的钻探深度 H 可取为：软土地基 $2.0B$ ；粘性土地基 $1.5B$ ；砂类土地基 $1.1\sim1.2B$ 。

对于岩溶、边坡和滑坡、泥石流等特殊地质条件的勘探要求，可参照资料〔1〕中的专门章节。对于特殊土地基，如软土，勘探点间距应取上述表中的较小值。红粘土，勘探点间距一般为 6~12 m，勘探孔深度可按表 1-1-8 确定。对于人工填土，勘

表 1-1-8

红粘土详勘勘探深度

单 独 基 础		条 形 基 础	
荷 载 吨 (KN)	孔 深 (m)	荷载吨/米 (KN/m)	孔 深 (m)
200 (2000)	6.0~8.0	25 (250)	5.5~7.0
100 (1000)	3.0~4.0	20 (200)	4.0~5.0
50 (500)	1.5	15 (150)	2.5~3.5
		10 (100)	1.0

探孔按复杂场地布置，孔深要尽量穿透填土层。

取样和原位测试的井、孔一般占勘探孔总数的 $1/3 \sim 2/3$ ，且每个场地不得少于2个。在主要受力层竖向间距内，每隔 $1 \sim 2\text{m}$ 采取试样一件，或一个原位测试数据，其下间距可适当放宽，但在同一场地内每一个主要土层的试样和原位测试总数不少于6个，其中力学性测试不少于3个。当地基土土质不均或结构松散难以取样测试时，应进行载荷试验或其它原位测试。

1-1-4 施工勘察

在验槽或开挖后，地质条件与原勘察资料严重不符；或深基础施工中需要有关地基监测；或地基处理、加固需进行检验；或地基中溶洞、土洞、边坡失稳等需进一步查明、观测和处理时，必须进行补充勘探测试工作，即施工勘察。采用不同方法进行深基础施工，有不同勘测要求。当进行大幅度、大面积降水时，应提供地层渗透系数，并判定降水漏斗区可能产生的坍塌或建筑物附加沉降。采用沉井、沉箱基础时，应提供其与地基土的摩擦系数，并判定其正常下沉的可能性。深层开挖可能影响邻近建筑时，宜在施工过程中实测基底回弹、隆起、土的侧向位移和邻近建筑物的附加沉降。对需进行地基处理和加固的工程，如采用重锤夯实或强夯时，应查明地下水位及其变化情况，并在试夯前测定夯实土的含水量、干容重及最优含水量。采用硅化法时，应测定土的渗透系数、地下水的流速和pH值。采用人工冻结法开挖地基时，要求提供地下水的详细资料及水下各土层的渗透系数。