



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13.5” GUIHUA JIAOCAI

高层建筑基础工程 设计原理

胡志平 王启耀 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

高层建筑基础工程设计原理

胡志平 王启耀 主编
俞宗卫 主审

北 京

冶金工业出版社

2017

内 容 简 介

本书共分8章,系统介绍了地基模型及其参数的确定方法,阐述了交叉条形基础、筏形基础、箱形基础、桩基础、桩筏(箱)基础、基坑围护结构等常用高层建筑基础结构的特点及适用条件、设计原则与构造要求、设计内容及计算方法等。

本书从工程实践的角度,详细介绍了各种类型基础结构设计计算所需的基本理论和方法,参考了现行有关规范要求,并适当吸取了国内外比较成熟的有关理论和技术,概念清楚、层次分明、重点突出、理论联系实际。

本书既可作为高等学校土木工程专业高年级本科生的教材和研究生教学参考书,又可供从事土木工程(建筑工程、公路桥梁工程等)的研究和设计人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑基础工程设计原理/胡志平,王启耀主编. —北京:

冶金工业出版社, 2017. 12

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7611-3

I. ①高… II. ①胡… ②王… III. ①高层建筑—基础(工程)
—建筑设计—高等学校—教材 IV. ①TU972

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第240504号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbcs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨 敏 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7611-3

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2017年12月第1版,2017年12月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 19.25印张; 469千字; 298页

45.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

目前,关于土力学与基础工程的本科生教材很多,有的教材只介绍土力学或者基础工程的内容,有的教材土力学和基础工程的内容都介绍,这满足了不同课程设置的需求。随着高层建筑的大力发展以及岩土工程设计理论的进步,考虑地基基础共同作用的基础工程设计与计算逐渐被工程界所接受。在多年的“高层建筑基础工程”课程讲授过程中,编者发现基础工程设计计算过程中经常要用到土的本构模型及有关参数,并且高层建筑地基基础共同作用比较显著,已有本科生教材中关于地基模型的介绍难以满足高年级本科生的教学需求;高层建筑基础工程设计计算涉及的内容和知识理论较多,如何在有限的学时内,让学生从工程实践的角度梳理和学习所需的基本理论和方法、基本内容和目前规范要求等,似乎难以找到一本相应的教材。因此,编者产生了编写一本专门针对高层建筑基础工程设计原理的教材的想法,经过三年多的努力,终于完成了本书的编写。

本书从高层建筑基础工程设计计算所需的地基模型有关理论着手,在各种类型基础的设计计算中,先介绍基础的特点和适用条件,设计内容和规范要求,然后详细介绍其计算方法、原理和步骤。这种编排便于从工程实践的角度来理解和学习高层建筑基础工程的计算和设计步骤,也利于学生理解其中的逻辑关系和掌握有关知识理论。

本书由长安大学胡志平、王启耀担任主编。具体编写分工为:第1章由胡志平、雷拓编写;第2章由胡志平、王启耀编写;第3章由田威、胡志平编写;第4章由孔德泉、胡志平编写;第5章由孔德泉编写;第6章由田威编写;第7章由张亚国、孔德泉编写;第8章由王启耀编写。研究生魏雪妮、石娜、江思义、夏香波等为本书的文字、公式输入和插图制作做了大量的工作,马建平、张雨禾、王强、王瑞等研究生为本书的校对、编排和整理做了许多工作,在此向他们表示衷心的感谢。

本书由长安大学俞宗卫教授主审，审稿中提出了许多宝贵意见，在此深表感谢。

本书是长安大学地下结构与工程研究所全体教师的集体创作，凝聚着前辈们长期在教学园地耕耘的成果，在策划和组织编写本书的过程中，得到了石坚、井彦林等教授的关心和帮助，本书参考了校内外许多专家、学者在教学、科研、设计和施工中积累的资料，在此一并表示诚挚的谢意。

本书的出版得到了长安大学教材建设基金的资助，在此表示感谢。

由于编者水平所限，书中不当之处，恳请读者不吝指正。

编 者

2017年5月于古城西安

目 录

1 绪论	1
1.1 高层建筑中基础工程的地位	1
1.1.1 高层建筑的表现特征与定义	1
1.1.2 高层建筑的起源与发展	2
1.1.3 基础工程在高层建筑中的地位	6
1.2 高层建筑基础的类型及特点	6
1.2.1 高层建筑基础结构的类型	6
1.2.2 高层建筑基础结构的特点	6
1.3 高层建筑地基-基础间的共同作用	7
1.3.1 地基-基础共同作用的含义	7
1.3.2 高层建筑地基-基础共同作用的新内涵	8
1.4 高层建筑基础设计计算理论的发展	8
思考题	9
2 地基模型及其参数的确定	10
2.1 概述	10
2.2 线性弹性地基模型及其参数的确定	10
2.2.1 文克勒 (E. Winkler) 地基模型	10
2.2.2 弹性半空间地基模型	11
2.2.3 分层地基模型	15
2.2.4 双参数地基模型	16
2.2.5 模型参数的确定	20
2.3 非线性弹性地基模型及其参数的确定	27
2.3.1 双曲线应力-应变关系	27
2.3.2 切线变形模量 E_t	28
2.3.3 切线泊松比 μ_t	30
2.3.4 模型参数的确定	32
2.4 弹塑性地基模型及其参数的确定	33
2.4.1 剑桥模型	33
2.4.2 修正剑桥模型	49
2.4.3 Lade-Duncan (1975 年) 模型	51

2.5 黏弹塑性地基模型及其参数的确定	54
2.5.1 黏弹性模型	54
2.5.2 黏塑性模型	59
2.5.3 黏弹塑性模型	60
思考题	61
3 柱下条形基础	62
3.1 概述	62
3.1.1 柱下条形基础的功能及适用条件	62
3.1.2 柱下条形基础的类型	62
3.2 柱下条形基础的设计内容与构造要求	63
3.2.1 柱下条形基础的设计内容	63
3.2.2 构造要求	64
3.3 柱下条形基础内力的简化计算	66
3.3.1 静力平衡法	66
3.3.2 倒梁法	67
3.4 基于文克勒地基梁的内力计算	71
3.4.1 地基梁挠曲微分方程及其通解	71
3.4.2 地基梁的特解	74
3.4.3 计算实例	84
3.5 十字交叉条形基础的内力计算	86
3.5.1 荷载分配的原则	86
3.5.2 荷载分配的简化方法	87
3.5.3 荷载分配后的修正	90
3.5.4 计算实例	91
思考题	93
4 筏形基础	94
4.1 概述	94
4.1.1 筏形基础的特点及适用条件	94
4.1.2 筏形基础的类型	94
4.2 筏形基础的设计内容与构造要求	95
4.2.1 筏形基础的设计内容	95
4.2.2 构造要求	102
4.3 筏形基础内力的简化计算	106
4.3.1 刚性板条法	106
4.3.2 倒楼盖法	108
4.3.3 刚性板带计算实例	109

4.4 美国混凝土学会 (ACI) 算法	113
4.4.1 ACI 方法步骤	113
4.4.2 计算实例	115
4.5 基于文克勒地基板的有限差分法	116
4.5.1 文克勒地基板的挠曲微分方程及板的内力	116
4.5.2 差分公式及板内力的差分表示	118
4.5.3 文克勒地基板挠曲的差分方程	120
4.6 基于文克勒地基板的有限单元法	123
4.6.1 板的应力矩阵、刚度矩阵	124
4.6.2 地基刚度矩阵	128
4.6.3 地基板的总刚度矩阵	128
思考题	129
5 箱形基础	130
5.1 概述	130
5.1.1 箱形基础的特点	130
5.1.2 箱形基础的适用条件	131
5.2 箱形基础的设计内容与构造要求	131
5.2.1 箱形基础的设计内容	131
5.2.2 箱形基础的构造要求	133
5.3 箱形基础的地基计算	134
5.3.1 地基反力及其分布形式	135
5.3.2 地基反力计算方法	135
5.3.3 地基承载力	136
5.3.4 地基变形验算	139
5.3.5 地基的稳定性验算	142
5.4 箱形基础结构内力的简化计算	143
5.4.1 顶底板的局部弯曲	143
5.4.2 顶底板的整体弯曲	144
5.4.3 顶底板的受剪及受冲切	144
5.4.4 外墙的受剪及受弯	145
5.4.5 洞口过梁的受弯及受剪	145
5.5 计算算例	146
思考题	153
6 桩基础	154
6.1 概述	154
6.1.1 桩基础的功能及适用条件	154

6.1.2 桩基础的类型	155
6.2 单桩竖向荷载的传递机理	160
6.2.1 桩身轴力和截面位移	161
6.2.2 桩侧摩阻力和桩端阻力	162
6.2.3 影响荷载传递的因素	164
6.2.4 单桩的破坏模式	164
6.2.5 桩侧负摩阻力	165
6.3 单桩竖向极限承载力的确定	168
6.3.1 按静载荷试验确定	168
6.3.2 按静力触探试验确定	170
6.3.3 按土的抗剪强度指标确定	172
6.3.4 按经验参数法确定	173
6.3.5 按动力试桩法确定	180
6.3.6 抗拔极限承载力的确定	180
6.4 群桩基础竖向承载力与沉降计算	181
6.4.1 群桩的工作性状	181
6.4.2 单桩竖向承载力特征值	183
6.4.3 复合基桩竖向承载力特征值	184
6.4.4 桩顶作用效应	185
6.4.5 基桩竖向承载力验算	187
6.4.6 群桩基础沉降计算	190
6.5 桩基水平荷载作用下的内力与位移计算	196
6.5.1 单桩在水平荷载下的承载性状	196
6.5.2 基于文克勒地基的桩身内力与位移	199
6.5.3 基于双参数地基的桩身内力与位移	207
6.5.4 基于 p - y 曲线的水平承载桩土抗力与位移	208
6.5.5 群桩基础水平承载力性状及承载力计算	212
6.6 桩基础设计内容及步骤	219
6.6.1 桩基础设计原则	219
6.6.2 桩基础设计步骤	220
思考题	233
7 桩筏(箱)基础	234
7.1 概述	234
7.1.1 桩筏(箱)基础的功能特点	234
7.1.2 桩筏(箱)基础的应用条件	234
7.2 桩筏(箱)基础的设计原则与构造要求	235
7.2.1 桩筏(箱)基础的设计原则	235

7.2.2 桩筏(箱)基础的构造要求	236
7.3 桩筏(箱)基础内力的计算	237
7.3.1 不考虑共同作用的简化计算方法	237
7.3.2 基于有限差分法的桩筏(箱)基础内力计算	237
7.3.3 基于有限单元法的桩筏(箱)基础内力计算	241
7.4 桩筏(箱)基础设计验算	242
7.4.1 水平荷载验算	242
7.4.2 底板抗剪切计算	244
7.4.3 底板抗冲切计算	246
7.4.4 局部受压验算	247
7.5 桩筏(箱)基础的沉降计算	247
7.5.1 沉降计算的简易理论法	247
7.5.2 简易理论法的修正	256
7.5.3 桩筏(箱)基础的荷载沉降曲线	257
7.5.4 桩筏(箱)基础的桩数与沉降的关系	258
思考题	259
8 基坑工程	260
8.1 概述	260
8.1.1 基坑工程的概念及特点	260
8.1.2 基坑支护结构的类型及适用条件	261
8.1.3 基坑支护工程设计原则及内容	262
8.1.4 基坑水平荷载	263
8.2 支挡式结构	264
8.2.1 结构分析与稳定性验算	265
8.2.2 排桩与地下连续墙	268
8.2.3 锚杆	273
8.2.4 内支撑结构	277
8.2.5 双排桩	279
8.2.6 支护结构与主体结构的结合及逆作法	280
8.3 重力式水泥土墙支护结构	282
8.3.1 概述	282
8.3.2 水泥土墙计算	283
8.3.3 构造	285
8.4 土钉墙支护结构	286
8.4.1 概述	286
8.4.2 土钉支护结构参数	287
8.4.3 土钉抗拉承载力计算	287

8.4.4 土钉墙整体稳定性验算	289
8.5 地下水控制	290
8.5.1 概述	290
8.5.2 集水明排法	291
8.5.3 降水法	291
8.5.4 截水与回灌	293
8.6 基坑现场监测与信息化施工	294
8.6.1 基坑现场监测	294
8.6.2 基坑信息化施工	296
思考题	296
参考文献	297

1.1 高层建筑中基础工程的地位

1.1.1 高层建筑的表现特征与定义

高层建筑的表现特征是高、大、重、深，即高度高、层数多、体量大、基础埋置深，常有地下空间。

关于高层建筑的定义，世界各国并不一致。

美国——最初将 22~25m 以上或 7 层以上的建筑称为高层建筑；后来规定，凡层数在 40 层及高度在 152m 以下者为低高层建筑，高度介于 152~365m 者为高层建筑，超过 100 层及高度在 365m 以上者称为超高层建筑。

德国——经常将有人停留的最高一层的楼面距地面 22m 以上者为高层建筑。

法国——居住建筑 50m 以上，其他建筑 28m 以上者为高层建筑。

1972 年国际高层建筑会议（美国宾夕法尼亚州伯利克市），将高层建筑划分为以下四类：

第一类高层建筑：9~16 层（最高到 50m）；

第二类高层建筑：17~25 层（最高到 75m）；

第三类高层建筑：26~40 层（最高到 100m）；

第四类超高层建筑：40 层以上（或高度 100m 以上）。

在我国，原城乡建设部标准《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规定》（JZ 102—1979），以及原国家建筑工程总局标准《高层建筑箱形基础设计与施工规程》（JGJ 6—1980）将高层建筑的起始点定为 8 层。后来，《高层民用建筑设计防火规范》（GBJ 45—1982）规定 10 层或 10 层以上的住宅（包括底层设置商业服务网点的住宅），以及高度超过 24m 的其他民用建筑为高层建筑。《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》（JGJ 3—1991）规定 8 层和 8 层以上的民用建筑都称为高层建筑。我国现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2010）规定 10 层及 10 层以上或房屋高度大于 28m 的住宅建筑和房屋高度大于 24m 的其他民用建筑为高层建筑。

我国《民用建筑设计通则》（GB 50352—2005）将住宅建筑依层数划分为：一层至三层为低层住宅，四层至六层为多层住宅，七层至九层为中高层住宅，十层及十层以上为高层住宅；住宅建筑之外的民用建筑高度不大于 24m 者为单层和多层建筑，大于 24m 者为高层建筑（不包括建筑高度大于 24m 的单层公共建筑）；建筑高度大于 100m 的民用建筑为超高层建筑。

《高层民用建筑设计防火规范》（GB 50045—1995）（2005 年版）把 10 层及 10 层以上

的居住建筑（包括首层设置商业服务网点的住宅）和建筑高度超过 24m 的公共建筑称为高层建筑。《建筑设计防火规范》（GB 50016—2014）规定建筑高度大于 27m 的住宅建筑和建筑高度大于 24m 的非单层厂房、仓库和其他民用建筑称为高层建筑。

高层建筑在英语中通常称为 tall building（高楼），也称为 high-rise building（高耸建筑）或 skyscraper（摩天大厦），但这些名词的应用未见有明确的区别。至于超高层建筑（super-tall building），1995 年美国高层建筑和城市环境协会第 30 届委员会组织世界各国的 32 位高层建筑知名专家集体撰写的一部巨著《高层建筑设计》（Architecture of Tall Buildings, Mc Graw-hill, Inc, 1995）中提到，应是 70 层至 80 层以上的高层建筑，书中指出：“高层建筑并不以其高度或楼层数为定义，重要的准则在于它的设计是否在某些方面受到‘高度’（tallness）的影响。高层建筑是一种它的高度会强烈地影响其规划、设计、构造和使用的建筑，是一种它的高度会产生不同于某一时期、某一地区的‘一般’建筑所具有的设计施工条件的建筑。”这段话是迄今各国专家对高层建筑的一个最具权威性的共识或界定。

1.1.2 高层建筑的起源与发展

著名的古代高层建筑有巴比伦空中花园（91.5m）、亚历山大港灯塔（152.5m）、河北定县料敌塔（82m）、应县木塔（66.7m）、大雁塔（37.68m）等，我国的塔台或佛塔是古代高层建筑的典型代表，其建筑形式和结构特点在古代高层建筑中具有相当高的水平。

现代高层建筑在 18 世纪后半叶产业革命后逐步发展起来。1801 年，英国曼彻斯特棉纺厂建成了 7 层铸铁框架。1885 年芝加哥建造了 10 层的家庭保险公司，高 55m，它迄今被世界各国公认为世界上第一幢具有现代意义的高层建筑，也是世界上第一幢高层钢结构建筑。此后，混凝土的发明并成为一种新型建筑材料而进入高层建筑，随着钢结构设计方法的改进，高层建筑在结构与构造技术上日趋成熟，乃逐渐向更高层次发展。

据高层建筑与城市住宅委员会（Council on Tall Buildings and Urban Habitat，简称 CTBUH）网站（<http://www.ctbuh.org/>）2017 年 1 月发布的数据，全球已经建成的建筑高度大于 250m 的高层建筑有 325 座，建成年代如图 1.1.1 所示，各大洲分布状态如图 1.1.2 所示，全球著名高层建筑见表 1.1.1。

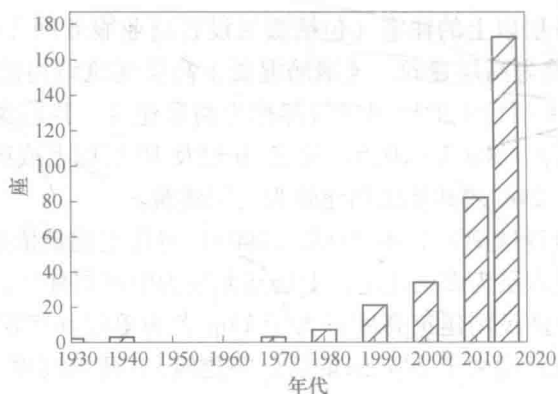


图 1.1.1 全球高度大于 250m 的建筑建造年份

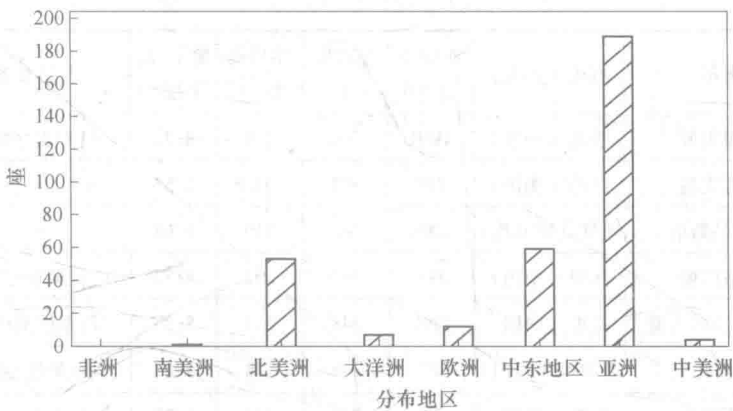


图 1.1.2 全球高度大于 250m 的建筑分布区域

表 1.1.1 全球已建成的著名高层建筑

序号	建筑名称	城市（国家）	建成年 份/年	总高度 /m	结构高 度/m	地下/地 上层数	结构体系	基础类型
1	哈利法塔	迪拜（阿联酋）	2010	828	585	1/162	扶壁束筒	桩筏基础
2	上海中心	上海（中国）	2015	632	580	5/121	巨型框架+核心 筒+伸臂桁架	桩筏基础
3	麦加皇家钟塔	麦加（沙特）	2012	601	—	1/119	筒中筒结构	桩筏基础
4	新世界贸易中心 一号大楼	纽约（美国）	2014	541.3	417	4/94	框筒束	桩筏基础
5	广州周大福金融中心	广州（中国）	2016	530	—	5/111	筒中筒结构	桩筏基础
6	台北 101 大厦	台北（中国）	2004	508	448	5/101	巨型框架结构	桩筏基础
7	上海环球金融中心	上海（中国）	2008	492	474	3/101	筒中筒结构	桩筏基础
8	香港环球贸易广场	香港（中国）	2010	484	—	6/108	框架核心筒	桩筏基础
9	吉隆坡 石油双塔	吉隆坡 （马来西亚）	1998	452	379	5/88	框架+核心筒+ 伸臂桁架	桩筏基础
10	南京紫峰大厦	南京（中国）	2010	450	389	3/89	筒中筒结构	桩筏基础
11	西尔斯大厦	芝加哥（美国）	1974	442	413	3/110	框筒束	箱形基础
12	川普国际大厦	芝加哥（美国）	2009	423	360	2/98	框架核心筒	桩筏基础
13	上海金茂大厦	上海（中国）	1999	421	383	3/88	框架核心筒	桩筏基础
14	国际金融中心二期	香港（中国）	2003	412	387.5	6/88	框架核心筒	桩筏基础
15	广州中信广场	广州（中国）	1996	391	323	2/80	筒中筒结构	扩展式基础
16	深圳地王大厦	深圳（中国）	1996	384	325	3/69	框架+核心筒+ 伸臂桁架	桩筏基础
17	纽约帝国大厦	纽约（美国）	1931	381	373.1	1/102	框架核心筒	桩箱基础
18	香港中环广场大厦	香港（中国）	1992	374	309	3/78	筒中筒结构	桩箱基础

续表 1.1.1

序号	建筑名称	城市（国家）	建成年份/年	总高度/m	结构高度/m	地下/地上层数	结构体系	基础类型
19	香港中银大厦	香港（中国）	1990	368	315	4/72	巨型支撑结构	桩箱基础
20	美国银行大厦	纽约（美国）	2009	365	234.5	3/55	—	桩基础
21	迪拜阿尔玛斯塔	迪拜（阿联酋）	2008	363	310	5/68	—	桩基础
22	深圳赛格广场	深圳（中国）	2000	354	292	4/72	框架核心筒	桩筏基础
23	高雄东帝士广场大厦	高雄（中国）	1997	348	342	5/85	巨型框架结构	箱形基础
24	芝加哥怡安中心	芝加哥（美国）	1973	346	328	5/83	框架核心筒	箱形基础
25	香港中环中心	香港（中国）	1998	346	275	3/73	框架核心筒	桩筏基础

注：表中“—”表示未查到相关数据。

2008 年以来，全球经济一定程度上受到了金融危机的影响，但似乎并没有影响高层建筑的迅猛发展。据高层建筑与城市住宅委员会（CTBUH）于 2017 年 1 月发布的数据，目前全球有 541 座高度超过 200m 的在建高层建筑将于 2020 年之前建成，其分布区域如图 1.1.3 所示。

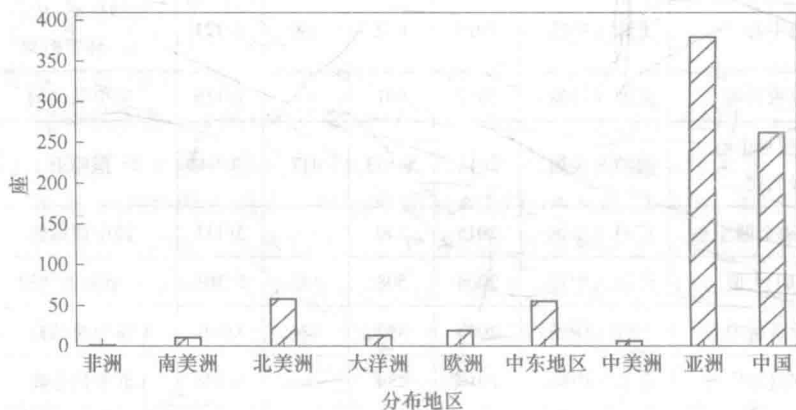


图 1.1.3 将于 2020 年之前建成的在建高层建筑分布

中国大陆第一座高层建筑是建于 1923 年的上海字林西报大楼，随后于 1934 年建成的上海国际饭店，高 82.5m，为解放前的最高楼。后来，建于 1968 年的广州宾馆，高 87.6m，建筑高度首次超过上海国际饭店；建于 1976 年的广州白云宾馆，高 112m，建筑高度首次超过 100m；建于 1990 年的北京京广中心，高 208m，建筑高度首次超过 200m；建于 1996 年的广州中信广场，高 391m，建筑高度首次超过 300m；建于 1998 年的上海金茂大厦，高 421m，建筑高度首次超过 400m；建于 2015 年的上海中心，高 632m，建筑高度首次超过 600m。我国已建成的著名高层建筑见表 1.1.2。

据高层建筑与城市住宅委员会（CTBUH）于 2017 年 1 月发布的数据，目前中国大陆有 262 座高度超过 200m 的在建高层建筑将于 2023 年之前建成，主要分布城市如图 1.1.4 所示。

表 1.1.2 我国已建成的著名高层建筑

序号	建筑名称	城市	建成年份/年	总高度/m	结构高度/m	地下/地上层数	结构体系	基础类型
1	上海中心	上海	2015	632	580	5/121	巨型框架+核心筒+伸臂桁架	桩筏基础
2	广州周大福金融中心	广州	2016	530	—	5/111	筒中筒结构	桩筏基础
3	上海环球金融中心	上海	2008	492	474	3/101	筒中筒结构	桩筏基础
4	上海金茂大厦	上海	1999	421	383	3/88	框架核心筒	桩筏基础
5	上海字林西报大楼	上海	1923	40.2		1/8	框架结构	—
6	上海国际饭店	上海	1934	83.8	82	2/22	框架结构	筏形基础
7	台北 101 大厦	台北	2004	508	448	5/101	巨型框架结构	桩筏基础
8	高雄东帝士广场大厦	高雄	1997	348	342	5/85	巨型框架结构	箱形基础
9	北京京广中心	北京	1990	208	196	3/53	框架-剪力墙	桩筏基础
10	香港中环广场大厦	香港	1992	374	309	3/78	筒中筒结构	桩箱基础
11	国际金融中心二期	香港	2003	412	387.5	6/88	框架核心筒	桩筏基础
12	香港中银大厦	香港	1990	368	315	4/72	大型立体支撑	桩箱基础
13	香港中环中心	香港	1998	346	275	3/73	框架核心筒	桩筏基础
14	深圳地王大厦	深圳	1996	384	325	3/69	框架+核心筒+伸臂桁架	桩筏基础
15	深圳赛格广场	深圳	2000	354	292	4/72	框架核心筒	桩筏基础
16	广州中信广场	广州	1996	391	323	2/80	筒中筒结构	扩展式基础
17	天津 117 大厦	天津	2016	597	584	4/117	巨型桁架筒+核心筒	桩筏基础
18	浙江财富金融中心	杭州	2011	258	212	3/52	框架核心筒	桩筏基础
19	南京紫峰大厦	南京	2010	450	389	3/89	筒中筒结构	桩筏基础
20	陕西信息大厦	西安	2006	228	175.4	3/52	筒中筒结构	桩筏基础
21	成都西部国际金融中心	成都	2015	241	234.9	5/56	框架核心筒	筏形基础
22	重庆环球金融中心	重庆	2015	338.9	310.3	6/72	框架核心筒	筏形基础
23	郑州绿地中心	郑州	2014	280	244.7	3/56	框架核心筒	桩筏基础
24	沈阳市府恒隆广场大厦	沈阳	2015	350.6	294.0	4/68	框架核心筒	筏形基础
25	青岛中银大厦	青岛	1998	249	—	4/54	筒中筒结构	箱形基础

注：表中建筑为无规则排序，“—”表示未查到相关数据。

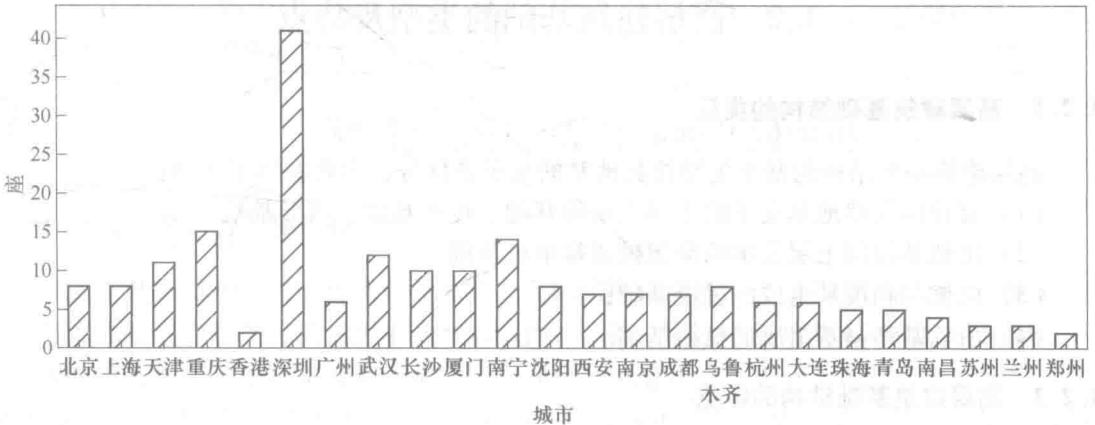


图 1.1.4 我国将于 2023 年之前建成的在建高层建筑分布城市

从图 1.1.1~图 1.1.3 可以看出,高层建筑发展最迅猛的时期就在近 20 年,建造的中心已从北美洲逐渐转移到亚洲和中东地区,这也是近 30 年全球经济最具活力的地区。在亚洲,高层建筑在一定程度上也是经济实力和社会发展水平的体现。

1.1.3 基础工程在高层建筑中的地位

俗话说“万丈高楼平地起”,可见基础工程的安全和耐久性对建筑物的重要性。由于高层建筑基础工程的特点,使其具有区别于多层建筑和低层建筑基础的独特地位。

(1) 基础工程造价占高层建筑工程总造价的 20%~30%,甚至更多。据统计,高层建筑中基础工程(包括地下室和基坑工程)的造价占到总造价的 20%~30%。在软土地区或对周围环境影响大的场地,因大力加强基坑支护结构和采取特殊施工措施来减小对周边环境的影响,致使基础工程造价更高。

(2) 基础工程施工工期占高层建筑工程总工期的 30%~40%,甚至更长。据统计,高层建筑基础工程施工工期占项目总工期的 30%~40%,甚至更长。高层建筑基础施工要引起足够重视,特别是深基坑开挖至基坑回填阶段,既要重视周围环境、建筑物、地下管线的变形,还要高度重视支护结构本身的受力和变形。深基坑开挖引起场地应力场的改变非常复杂,且这种应力场的改变随时间和空间的变化具有较高的模糊性,开挖前可能难以准确判断,致使所采取的工程措施常常具有一定的风险。2009 年 6 月 27 日,上海莲花河畔景苑 7 号楼整体倒塌——上海“楼脆脆”事件,就是一例典型的基坑开挖处理不当导致的重大事故。

高层建筑基础工程对整个建筑物的安全和寿命有举足轻重的影响,国内外已不乏高层建筑因其基础处理不当,而造成整个建筑物突然倾覆的实例,或因建筑物存在基础隐患,建成后濒临倾覆,不得不断然予以整体爆毁或拆除的实例,其他因各种基础工程事故而造成不同程度的损失和严重教训者,亦时有所闻。因此,对高层建筑基础工程的设计施工尤须慎重对待,不能掉以轻心。

综上所述,高层建筑中基础工程的地位可概括成两句话:基础工程的设计与施工是高层建筑正常使用与稳定安全的根本,其造价与工期对高层建筑总造价与总工期有举足轻重的影响。

1.2 高层建筑基础的类型及特点

1.2.1 高层建筑基础结构的类型

高层建筑基础结构的基本类型按其地基的支承条件分,主要有以下几种:

- (1) 直接由天然地基支承的十字叉条形基础、筏形基础、箱形基础;
- (2) 由地基较深土层支承的摩擦桩或端承桩基础;
- (3) 由桩基和筏基组成的桩筏基础;
- (4) 由桩基和箱基组成的桩箱基础。

1.2.2 高层建筑基础结构的特点

通常,我们认为基础是将上部结构荷载传递到地基土中的一种承上启下的结构。然