

高层建筑基础分析与设计

土与结构物共同作用的理论与应用

宰金珉 宰金璋



中国建筑工业出版社

高层建筑基础分析与设计

土与结构物共同作用的理论与应用

宰金珉 宰金璋

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书以土与结构物共同作用的理论和子结构有限元法为基础,结合大量工程实例,系统地阐述高层建筑上部结构与基础(浅基础与桩基础)和地基土共同作用的分析方法与设计理论,与实测和试验研究结果作了比较分析,并简要介绍简化的理论方法与传统的设计方法。书中简述了分析程序的实现过程,给出刚性基础与层状地基和摩擦群桩非线性共同作用分析程序,可在微机上运行。全书共11章,第1章,绪论;第2章,地基的计算模型和刚度矩阵;第3章,地基上的梁和多层建筑梁式基础;第4章,地基上的板和高层建筑筏基;第5章,高层建筑箱形基础;第6章,地基与基础共同作用的非线性分析;第7章,高层建筑桩基础;第8章,高层建筑上部结构与基础和地基的共同作用;第9章,高层建筑基础设计中的特殊问题;第10章,高层建筑基础工程的设计过程与实例分析;第11章,高层建筑与地基和基础共同作用分析的程序实现。本书注重理论与实践相结合,强调岩土工程分析在基础选型和设计过程中的重要地位,介绍了基础构件设计方法与构造要求,讨论了高层建筑基础抗震和抗风措施、主裙房基础联合设计、地下连续墙の利用、基础混凝土温度裂缝计算、基础抗渗与抗侵蚀等特殊问题。本书既有一定的理论深度,又具有较强的应用性,可供岩土工程和结构工程方面的工程技术人员与研究人员参考,也可作为大学高年级学生、研究生的教学参考用书。

* * *

责任编辑 欧 剑

高层建筑基础分析与设计
土与结构物共同作用的理论与应用
宰金珉 宰金璋

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 40³/₄ 字数: 987千字

1993年2月第一版 1993年2月第一次印刷

印数: 1—6,300册 定价: 24.90元

ISBN7—112—01703—3/TU·1284

(6735)

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 高层建筑中基础工程的地位	1
1.2 高层建筑基础工程概况	2
1.3 土与结构物共同作用的概念	18
1.3.1 上部结构的刚度对基础受力状况的影响	19
1.3.2 基础刚度对基底反力分布的影响	20
1.3.3 地基条件对基础受力状况的影响	21
1.3.4 上部结构与基础和地基共同作用的概念	22
1.4 高层建筑基础设计方法的进展	22
1.4.1 高层建筑基础分析与设计方法的发展过程	22
1.4.2 高层建筑基础设计中应用共同作用理论的意义	24
第 2 章 地基的计算模型和刚度矩阵	26
2.1 地基的柔度矩阵和刚度矩阵	26
2.2 文克尔模型	27
2.3 双参数和三参数模型——文克尔模型的改进	28
2.3.1 费洛年柯——鲍罗基契模型	29
2.3.2 海滕尼模型	29
2.3.3 巴斯捷纳克模型	29
2.3.4 符拉索夫模型	29
2.3.5 利夫金模型——广义文克尔模型	30
2.4 弹性半空间模型	32
2.4.1 均匀各向同性弹性半空间模型	32
2.4.2 不均匀各向同性弹性半空间模型	35
2.5 层状横向各向同性弹性半空间模型	36
2.5.1 物理模型和边界条件	37
2.5.2 层元分析	37
2.5.3 整体分析	44
2.6 有限压缩层地基模型	45
2.7 考虑固结与蠕变过程的地基模型	46
2.7.1 利用有效应力原理的简化分析	46
2.7.2 利用比奥固结理论的数值分析	46
2.7.3 弹性半空间模型	47
2.8 地基模型参数的确定	53
2.8.1 基床系数 k 的确定	53
2.8.2 地基土泊桑比 μ_0 的确定	56
2.8.3 地基土变形模量 E_0 的确定	57

2.8.4 地基土弹性模量 E 的确定57

2.8.5 横向各向同性参数的确定59

2.9 地基模型的选择和模拟方法的新进展62

2.9.1 地基模型的选择62

2.9.2 地基模拟方法的新进展63

第3章 地基上的梁和多层建筑梁式基础.....65

3.1 不考虑共同作用的简化方法65

3.1.1 静定分析法65

3.1.2 倒梁法和调整倒梁法65

3.2 文克尔地基上的梁66

3.2.1 文克尔地基上的无限长梁66

3.2.2 文克尔地基上的半无限长梁68

3.2.3 文克尔地基上的有限长梁69

3.3 弹性半空间地基上的梁74

3.3.1 问题的分类74

3.3.2 弹性半空间上梁的基本方程75

3.3.3 弹性半空间上梁的级数解法75

3.3.4 两种特征长度的近似关系78

3.4 地基上梁的数值方法79

3.4.1 有限差分法79

3.4.2 有限单元法83

3.4.3 链杆法88

3.4.4 加权残数法92

3.5 正交格形基础梁计算与设计96

3.5.1 节点形状分配系数法97

3.5.2 有限单元法99

3.5.3 荷载修正.....101

3.5.4 条形与正交格形基础梁结构构造与设计.....102

第4章 地基上的板和高层建筑筏基.....115

4.1 地基上板的基本方程.....115

4.1.1 各向同性基础板.....116

4.1.2 正交各向异性基础板.....118

4.1.3 边界条件.....119

4.2 线弹性地基上的无限大板及其广义分析.....120

4.2.1 文克尔地基上的无限大板.....120

4.2.2 弹性半空间上的无限大和半无限大板.....123

4.2.3 线弹性地基上无限大板的广义分析.....124

4.3 文克尔地基上的有限大板.....130

4.3.1 四边简支的矩形板.....130

4.3.2 两对边简支两对边任意的矩形板.....131

4.3.3 四边自由的矩形板——伽辽金法.....131

4.3.4 刚性圆板和圆环板.....133

4.4 弹性半空间地基上的有限大板	137
4.4.1 矩形板	137
4.4.2 圆板	137
4.5 地基上板的数值方法	140
4.5.1 有限差分法	140
4.5.2 有限元法	144
4.5.3 有限条元法	150
4.5.4 样条函数能量法	158
4.5.5 加权残数法	163
4.6 多层及高层建筑筏基	168
4.6.1 筏基的种类与构造要求	168
4.6.2 常用简化方法——刚性板方法	169
4.6.3 柱网下筏基的近似分析——弹性板法	171
4.6.4 筏基的数值方法	177
4.6.5 筏基实例分析	182
第5章 高层建筑箱形基础	187
5.1 箱形基础分析与设计的特殊问题	187
5.1.1 箱形基础的补偿性及其利用	187
5.1.2 基坑开挖后土中的应力与应变状态	189
5.1.3 开挖回弹与再压缩问题	198
5.2 地基计算	200
5.2.1 地基强度验算	200
5.2.2 地基稳定性验算	201
5.2.3 地基变形计算	204
5.3 基底反力分析	214
5.3.1 按地基上的板或梁分析	214
5.3.2 弹性解答的塑性修正	214
5.3.3 实测反力系数法	216
5.4 箱形基础内力分析	219
5.4.1 箱形基础弯曲内力计算	219
5.4.2 箱形基础墙体截面剪力计算	226
5.4.3 箱形基础整体刚度的保证措施	228
5.4.4 箱形基础刚度的合理估价	229
5.5 箱形基础构件计算与设计	229
5.5.1 顶板和底板强度计算	229
5.5.2 墙身强度计算	231
5.5.3 构件与连接构造	233
5.6 箱形基础工程实例与分析	234
5.6.1 软土地区典型工程实例分析	234
5.6.2 天然地基与补偿性的利用	239
5.6.3 地基处理在高层建筑箱形基础工程中的应用	244
5.6.4 减轻自重与扩大基底面积的联合应用	247

5.6.5	低墙率箱形基础的平面刚架分析法	249
5.6.6	人工减少偏心距的措施	251
5.6.7	大开间箱式底板的应用	252
第 6 章	地基与基础共同作用的非线性分析	254
6.1	土与基础接触的非线性问题	254
6.1.1	法向接触的非线性问题	254
6.1.2	切向接触的非线性问题	255
6.2	地基土的非线性弹性模型	257
6.2.1	双线性与多段线性模型	257
6.2.2	$E-\mu$ 模型 (双曲线模型)	257
6.2.3	$K-G$ 模型	260
6.2.4	应变软化模型	264
6.2.5	非线性性状的数值模拟方法	265
6.2.6	地基土非线性弹性模型的试验验证	266
6.3	地基土弹塑性模型简介	269
6.3.1	弹塑性模型的一般形式	269
6.3.2	雷德——邓肯模型	270
6.4	钢筋混凝土材料变形性质的非线性特征	273
6.4.1	钢筋与混凝土材料的非线性模型	273
6.4.2	钢筋混凝土受弯构件非线性特征的宏观表现与模拟	279
6.4.3	非线性分析的有限元法简介	281
6.4.4	非线性特征模拟的试验验证	285
6.5	地基土与基础结构的非线性对共同作用结果的影响	285
6.5.1	非线性共同作用分析及其试验验证	285
6.5.2	地基与基础不同非线性组合下共同作用的结果	286
6.5.3	塑性铰与基础结构内力的重分布	288
第 7 章	高层建筑桩基础	291
7.1	高层建筑桩基础的基本型式	291
7.1.1	高层建筑桩基础的作用特点	291
7.1.2	桩基础的基本型式	291
7.2	高层建筑适用桩型的选择	300
7.2.1	桩型选择的原则	301
7.2.2	常用桩型	302
7.3	单桩在竖向荷载作用下的工作性状	319
7.3.1	单桩的荷载传递	319
7.3.2	单桩的轴向刚度	335
7.3.3	桩的破坏模式	337
7.3.4	单桩承载性能的几个特殊问题	338
7.4	单桩竖向承载力的确定	339
7.4.1	按桩身结构强度确定单桩竖向承载力	340
7.4.2	按土的强度与变形确定单桩竖向承载力	342
7.5	群桩在竖向荷载作用下的工作性状分析与计算	354

7.5.1 群桩的荷载传递特性	355
7.5.2 群桩的变形特性	358
7.5.3 群桩的竖向承载力计算	359
7.5.4 群桩的沉降计算	361
7.6 承台结构与桩和土的共同作用分析	363
7.6.1 桩与土和承台结构共同作用的基本方程	364
7.6.2 桩土支承体系柔度矩阵的建立	366
7.6.3 共同作用的简化分析方法	371
7.6.4 非线性共同作用的简化分析方法	375
7.6.5 桩与承台的荷载分担问题	377
7.7 桩基在水平向荷载作用下工作性状的分析与计算	381
7.7.1 单桩在水平荷载作用下的工作性状	381
7.7.2 单桩在水平荷载作用下的分析与计算	382
7.7.3 群桩在水平荷载作用下的分析与计算	393
7.8 桩基础设计的几个问题	403
7.8.1 高层建筑桩基础设计的内容与步骤	403
7.8.2 桩基选型问题综述	403
7.8.3 桩筏与桩箱基础底板的抗剪计算问题	405
第8章 高层建筑上部结构与基础和地基的共同作用	408
8.1 上部结构与基础和地基共同作用整体分析的概念	408
8.2 上部结构与基础和地基共同作用分析的子结构法	410
8.2.1 刚度矩阵和荷载向量向边界节点的凝聚	410
8.2.2 共同作用分析的子结构法	412
8.2.3 地基采用非线性模型时的共同作用分析方法	414
8.2.4 刚性基础基底反力和整体倾斜的非线性分析	416
8.3 高层框架结构与基础和地基的共同作用	418
8.3.1 共同作用的有限单元法与机理分析	418
8.3.2 共同作用分析的连续化加权残数法	425
8.3.3 共同作用的全时过程分析	430
8.4 高层框架填充墙结构与基础和地基的共同作用	435
8.4.1 框架内填充墙的工作状态	435
8.4.2 填充墙体的裂缝单元及其位移模式	435
8.4.3 共同作用分析的若干结果	437
8.5 高层空间墙板结构与基础和地基的共同作用	439
8.5.1 高层空间结构的多重子结构分解与重组	439
8.5.2 竖向荷载作用下的共同作用分析	440
8.5.3 水平荷载作用下的共同作用分析	451
8.5.4 箱底板整体挠曲应力简化计算	456
8.6 带裙房的高层空间框架结构与筏基和地基的共同作用	460
8.6.1 共同作用分析的模式和方法	460
8.6.2 共同作用机理分析	464
8.7 高层建筑上部结构与桩筏和桩箱基础的共同作用	466

8.7.1 共同作用的基本方程和性状分析·····	467
8.7.2 工程实例的共同作用分析·····	471
8.7.3 刚性结构与土和桩非线性共同作用的简化分析方法·····	476
第9章 高层建筑基础设计中的特殊问题 ·····	490
9.1 高层建筑基础抗震设计中的几个问题·····	490
9.1.1 地基基础抗震设计的一般要求简介·····	490
9.1.2 液化土地基消除液化影响的范围·····	491
9.1.3 液化土中桩基工作性状和嵌固深度·····	496
9.2 高层建筑基础的组合抗风载体系·····	499
9.2.1 超高层建筑基础抗风载设计的地位·····	499
9.2.2 超高层建筑基础的组合抗风载体系·····	500
9.3 主楼与裙房基础的联合设计·····	503
9.3.1 沉降缝的应用·····	503
9.3.2 主楼与裙房基础的联合设计·····	504
9.3.3 后浇施工缝的设计·····	511
9.4 地下连续墙的合理利用·····	512
9.4.1 兼作地下室外墙的地下连续墙与逆作法施工·····	512
9.4.2 地下连续墙同时承受竖向与水平向荷载的计算分析·····	514
9.5 基础结构大体积混凝土温度裂缝的预防和计算·····	517
9.5.1 基础结构温度裂缝的种类和危害·····	517
9.5.2 防止温度裂缝出现的措施·····	518
9.5.3 收缩应力和连续浇筑长度的计算·····	520
9.5.4 算例与讨论·····	526
9.5.5 工程实例分析·····	529
9.6 基础结构混凝土的抗渗与抗侵蚀问题·····	530
9.6.1 基础结构混凝土的防水抗渗·····	531
9.6.2 基础结构混凝土的抗侵蚀·····	532
第10章 高层建筑基础工程的设计过程与实例分析 ·····	535
10.1 高层建筑基础工程设计过程与内容·····	535
10.1.1 基础工程设计的几个主要环节·····	535
10.1.2 工程地质勘察的特殊要求·····	535
10.1.3 基础选型与地基设计·····	536
10.1.4 基础结构设计问题·····	540
10.1.5 施工监测与长期观察·····	543
10.2 高层建筑基础岩土工程分析实例·····	544
10.2.1 采用天然地基(箱形基础)的工程实例分析·····	544
10.2.2 采用桩筏基础的工程实例分析·····	550
10.3 高层建筑基础工程设计实例与分析·····	555
10.3.1 第四纪土层上箱形基础实例分析·····	555
10.3.2 大直径嵌岩桩基础实例分析·····	558
10.3.3 软土地区预应力超长桩基础实例分析·····	563
10.3.4 第四纪土层中大直径钻孔扩底桩基础实例分析·····	565

第11章 高层建筑与地基和基础共同作用分析的程序实现571

11.1 高层建筑与地基和基础共同作用程序的编制571

11.1.1 共同作用分析程序的一般结构571

11.1.2 结构刚度与荷载凝聚过程的实现572

11.1.3 地基柔度矩阵的建立574

11.2 刚性基础与层状地基和摩擦群桩非线性共同作用程序575

11.2.1 非线性共同作用程序SRPSFL简介575

11.2.2 高层建筑与桩筏和桩箱基础共同作用简化非线性分析程序SRPSFL576

第 1 章 绪 论

1.1 高层建筑中基础工程的地位

高层建筑的主要特征是层数多，高度高，重量大。目前国内大陆上最高的建筑物已超过60层、200m；国外则已超过100层、400m。图1-1给出了国内外有代表性的十余幢高层建筑的立面简图，以对其高度与体量留下一个直观的印象。由于建筑物高耸，不仅竖向荷载大而集中，而且风荷载和地震荷载引起的倾覆力矩成倍增长，因此要求基础和地基提供更高的竖直与水平承载力，同时使沉降和倾斜控制在允许的范围内，并保证建筑物在风荷载与地震荷载下具有足够的稳定性。这就对基础的设计与施工提出了更高、更严的要求。在多数情况下，多层房屋惯用的基础形式、设计理论与施工方法不能简单地搬用于高层建筑，而必须选用和创造与上述要求相适应的基础形式、设计理论与施工方法。对这三方面中的任何一方面考虑不周或处理不当都将导致不良的、甚至严重的后果。轻则产生过大的沉降、倾斜和不均匀沉降，造成结构局部损坏或影响功能和美观；重则导致整个建筑的倾覆或破坏。例如，上海某宾馆，地基为深厚软土，采用振冲碎石桩加固地基，箱形基础。由于这种加固方法在软土中的设计理论尚不够成熟，对施工质量与加固效果还缺乏完善的检测手段，加之承包人施工管理不严，偷工减料，致使该建筑物建成后产生不能允许的沉降与倾斜，裙房局部挤压损坏，不得不采取昂贵的地基加固措施。又如南美洲某大厦，设计时未查明地质情况，桩长不足，未达到坚硬土层，桩基承载力也不足，结果当结构施工到顶尚未装修时便开始倾斜，几天后，一夜之间整个大楼倾覆于地面，如图1-2所示。这些例子有力地说明了基础工程的设计与施工质量乃高层建筑安全之所系，设计、施工人员必须给予极度重视。

高层建筑基础工程的施工有一个特别重要和必须注意的特点，就是环境效应问题。高层建筑的基础一般具有较大的埋置深度，甚至超过10m，这是为了满足建筑功能（地下空间的利用）和稳定性的要求。这意谓着必须开挖较深的基坑和采取相应的降水措施（例如井点降水）。另一方面，若采用挤土型桩，则振动与挤土影响问题随之产生。由于高层建筑多建造于城市的建筑群中，为了防止基坑开挖或沉桩挤土振动危及场地周围建（构）筑物、地下管线和道路交通的安全与运行，必须采取严密的防护措施，例如构筑兼有挡土与防渗功能的边坡支护结构、设置隔振沟和排水砂井或塑料排水板等等。例如，上海某电话局机务大楼预制打入桩施工造成附近房屋严重损坏，仅赔偿费就达40万元，超过了该桩基工程的费用12万元^[1]。又如上海某电厂透平机基础打桩结束后开挖基坑造成桩顶大量位移，最甚者达200cm，共有70余根桩严重错位无法使用，只能报废^[1]。再如，上海某高层住宅基坑开挖时采用钢板桩支护，基础完工未认真回填即拔除钢板桩，结果使距基坑13m处的厂房发生沉陷而严重损坏，不得不拆除重建，赔偿费近30万元^[2]。南京某银行工程也因深基坑围护问题导致邻近电影院严重损坏，只好拆除重建。实践证明，经济合理的基坑支

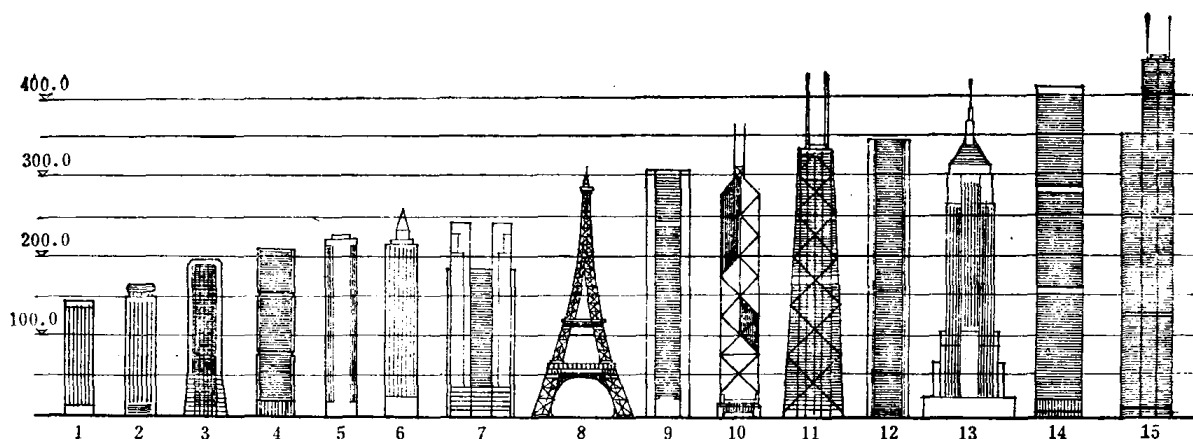


图 1-1 国内外15幢代表性高层建筑立面简图

1—静安—希尔顿饭店(144m,上海); 2—国际贸易中心大厦(161m,深圳); 3—广东国际大厦(197m,广州); 4—京广大厦(208m,北京); 5—阳光大厦(227m,东京); 6—展览会大楼(256m,法兰克福); 7—市政厅新楼(243m,东京); 8—埃菲尔铁塔(300m,巴黎); 9—德克萨斯商业大厦(305m,休斯敦); 10—中国银行大厦(315m,香港); 11—汉考克大厦(344m,芝加哥); 12—标准石油大厦(346m,芝加哥); 13—帝国大厦(381m,纽约); 14—世界贸易中心(412m,纽约); 15—西尔斯大厦(443m,芝加哥)

护结构和各种防护措施是高层建筑基础工程不可分割的一个部分^{[3][4]}。

高层建筑基础工程的造价和施工工期在建筑总造价和总工期中所占的比例,与上部结

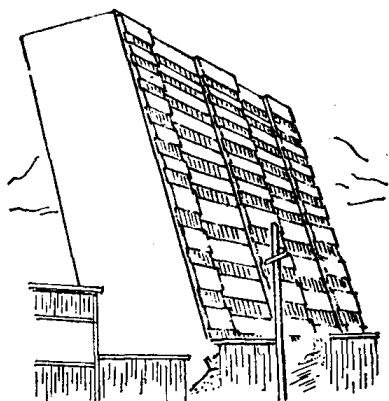


图 1-2 南美洲某桩基大厦的倾覆

构形式和层数、基础结构形式、桩型以及地质复杂程度和环境条件等因素有关。除了钢结构和直接建造在基岩上的浅基础以及岩层埋藏很浅的桩基础以外,就钢筋混凝土结构和一般地质条件而言,采用箱形基础或筏基的高层建筑,其基础工程(包括基坑支护与开挖施工)的费用约占建筑总造价的10%~20%,相应的施工工期约占建筑总工期的20%~25%;采用桩基的高层建筑,则上两项的比例分别约为20%~30%和30%~40%。

综上所述,可将高层建筑中基础工程的地位概括成两句话:基础工程的设计与施工对高层建筑本身及其周围环境的安全至关重要,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 高层建筑基础工程概况

高层建筑是随着社会的经济发展与技术的进步而发展起来的。以寺庙塔楼为代表的我国古代高层建筑具有悠久的历史。例如,建于南北朝(公元523年)的河南登封县的嵩岳寺塔(15层砖砌塔楼,高40m),建于北宋(公元1055年)的河北定县的料敌塔(11层,高80m)是我国最高的砖塔。始建于三国东吴(公元427年),重建于北宋(公元977年)

的上海龙华塔系我国古代在软土地基上采用木桩基础建造高层建筑的典型范例。

近代高层建筑在我国是从19世纪末伴随着殖民主义的经济入侵而开始兴建的，其数量不多，主要分布于少数沿海城市。例如上海的国际饭店、锦江饭店、沙逊大厦（今和平饭店）等，它们多用桩—筏基础，最高者不过80m、24层。直到本世纪50年代末期，以北京十大建筑为代表，建造了雄伟的民族文化宫、电报大楼等高层建筑，它们多采用箱形基础。

高层建筑的普遍兴建，则是从70年代后期，随着大规模现代化建设的推进而开始的。在短短十多年间，从东海之滨到西北边疆，从海南宝岛到东北大地，千百幢各种类型的高层建筑在祖国各大中城市拔地而起。我国地域辽阔，各区的地质条件差别极大，地震区覆盖面又很广。因而各地高层建筑的基础形式多种多样，其中不乏灵活巧妙、经济有效的典型。表1-1收集了我国近年来设计建造的，采用筏基与箱形基础以及少数采用条形基础的高层建筑实例50个。其中大多数是建造在可压缩性地基上的，有些地基还是深厚的高压缩性软土。建造在较好地基上采用箱基、筏基的高层建筑已达到52层、62层、总高度170m、190m以上（例如广东国际大厦、北京京城大厦，表1-1中序号1和2）。软土地基上的箱形基础高层建筑也已达到了14层，高41.6m（例如上海陆家宅高层住宅，表1-1中序号47）。这些高层建筑建成后的实测沉降一般都不超过计算值，整体倾斜也都在允许范围内。

表1-2列举了各种地质条件下的桩基高层建筑100例，汇集了全国各地高层建筑采用的主要桩型约11种，从一个侧面反映了桩基工程技术的飞跃发展，和高层建筑对桩基工程的有力推动作用。值得一提的是，大直径嵌岩桩（包括钻孔、冲孔与挖孔桩）的出现，为基岩浅埋地区高层建筑提供了经济合理的桩型。例如一座43层、高达165m的深圳发展中心大厦（表1-2中序号2）只用了28根直径 $\phi 2200 \sim \phi 3300$ 的人工挖孔桩，平均每根桩承担23MN以上的荷载。此外，在深厚软土地区，采用超长桩把荷载传到深埋的砂层，也成功地使百余米的高楼直插云霄。例如上海静安—希尔顿饭店（表1-2中序号6，见10.1.4）43层，高143.6m，座落在360根长45m、直径 $\phi 609.6$ 的钢管桩上，桩端持力层为细砂层，是摩擦桩基高层建筑的典型代表。

近十余年来高层建筑在我国各地迅速发展的事实有力地说明，我国工程技术人员成功地解决了广大地域内各种地质条件下高层建筑基础工程的设计与施工问题，积累了丰富的经验。无论是地质勘察还是施工技术，也无论是设计理论还是试验研究，都有长足的进步，取得了丰硕的成果。实践证明，我国已具备了在各种复杂地质条件下建造高层建筑的设计与施工能力。近十年来在我国召开了多次有关高层建筑的国际会议。全国性高层建筑学术会议上，基础工程总是讨论的重要议题之一，总有相当数量这方面的论文收入会议论文集。在有关土力学与基础工程的学术会议上，高层建筑基础工程的设计与施工问题也往往是人们最关注的热门话题，有关这方面的理论与试验观测的研究成果，以及新技术成果的报导从未间断过，显示出高层建筑基础工程是一个非常活跃的技术领域。这些经验与成果已陆续反映到《建筑地基基础设计规范》（GBJ7—89）^{〔5〕}和各地的地基基础设计规范中，特别是还编制了指导高层建筑基础设计的专门规程——《高层建筑箱形基础设计与施工规程》（JGJ6—80）^{〔6〕}和上海地区编制的《上海市软土地基上高层建筑箱形基础（天然地基）设计试行规定》（DBJ08—1—81）^{〔7〕}，表明我国在高层建筑基础的设计与施工方面已初步形成整套的经验。

高层建筑箱筏基

序 号	工 程 名 称	塔 楼	裙房	塔楼	结 构	材料	抗震	地基	基底	塔 楼	基
		层 数 地上/ 地下	层数 地上/ 地下	高度 (m)	形 式		设防 裂度	土 类 别	剪力 系数	总重 (MN) 底面积 (m ²)	基础 形式
1	广东国际大厦	62/2	5/2	197.2	框 筒	RC	7	I	0.011	$\frac{1667}{1505}$	箱基
2	京城大厦	52/4	无	183.5	框 剪	S RC	9	II	0.057	$\frac{1613}{5280}$	箱基
3	中国国际贸易中心办公楼	39/2	4/2	155.25	筒 体	S RC	8.5	II	0.04	$\frac{696}{2916}$	筏基
4	中央彩色电视中心大楼	26/3	3/2	135.6	筒中筒	RC	9	II	0.063	$\frac{374.6}{1264}$	箱基
5	北京某办公楼	18/2	1/1	106.4	筒中筒	RC	9	II	0.10	$\frac{839.7}{2205}$	箱基
6	中国国际贸易中心 (国际公寓)	34/1	无	106.3	筒中筒	RC	8	II	0.05	$\frac{554}{1170}$	筏基
7	东北电网生产调度中心	23/2	2/0	105.8	框 剪	RC	7	II	0.018	$\frac{272}{886}$	箱基
8	北京国际饭店	31/3	3/2	104.4	剪力墙	RC	8	II	0.03	$\frac{997}{3406}$	箱基
9	北京国际大厦	30/3	3/3	101.6	框 剪	RC	8	II		$\frac{740}{1295}$	箱基
10	北京某高级宾馆	29/3	2/2	99.1	剪力墙	RC	8	II	0.032	$\frac{668}{2233}$	箱基
11	北京西苑饭店	29/3	3/3	93.0	剪力墙	RC	8	II	0.06	$\frac{677}{2800}$	箱基
12	北京长富宫中心饭店	30/2	2/1	90.85	框 架	S RC	8	II	0.034	$\frac{380}{1368}$	箱基
13	乌鲁木齐某大楼	22/2	2/2	90	筒中筒	RC	7	III		$\frac{392}{665}$	箱基
14	中国专利局业务楼	25/3	4/0	86.7	筒中筒	RC	8	II	0.031	$\frac{369.5}{1165}$	箱基
15	青岛仙客来宾馆	25/2	6/1	85.1	框 剪	RC	7	I	0.012	$\frac{513}{950}$	箱基
16	国际科学中心写字楼	26/2	1/0	84.0	筒 体	RC	8	II		$\frac{304}{613}$	箱基
17	重庆沙坪饭店	26/1	4/0	83.1	框 剪	RC	6	I	0.013	$\frac{220}{825}$	条基
18	海口中衡办公楼	22/2	3/0	81.9	框 剪	RC	8	II		$\frac{750}{1794}$	箱基
19	中国金融大楼	23/5	3/0	81.0	筒 体	RC	8	II		$\frac{351}{914}$	箱基
20	北京安外圆塔形公寓	26/2	无	80.5	筒 体	RC	8	II	0.047	$\frac{254}{830}$	箱基

基础设计概况表

表 1-1

基础结构			最大沉降	最大差异沉降	地基允许承载力	主楼与裙房间是否设沉降缝	裙房基础形式	设计单位	结构负责人
箱基或筏基与地下室			计算值	计算值					
高度埋深(m)	顶板厚度底板厚(cm)	外墙厚(cm)	实测值(cm)	实测值(cm)	(kPa)				
3.70 14.00	25 40	40	—	—	4900	无	箱基	广东省建筑设计研究院	容柏生 叶荫樵
4.00 23.50	25 65~85	30~90	4.2	2.2	980	—	—	日本清水建设株式会社	高桥正明
4.50 15.73	15 55~85	50	0.64	0.3	294	无	柱基 条基	日建设计株式会社 美国索伯尔/罗思公司	谷研一
6.23 12.50	80 150	60~110	—	—	392	无	条基	广播电视部设计院	孙垂芳 汪祖培 谢定南
12.70 15.20	150 150	90	3.0 2.3	0.7 1.4	294	有	条基	总后勤部营房设计院	陈锡智
13.00	—		2.4	0.8	294	—	—	日建设计株式会社 美国索伯尔/罗思公司	谷研一
8.80 7.90	30 90	50	4.4	3.5	343	无	柱基 条基	辽宁省建筑设计院	孔 军
9.10 14.53	40 110	50	12.0 7.0	4.0 1.7	540	有	筏基	建设部建筑设计院	胡世平等五人
11.00 13.50	40 100	40	—	—	490	无		北京市建筑设计院	单沛圻
7.90 9.30	35 140	50	6.5	2.5	490	有		总后勤部营房部设计院	王纪裕
6.60 12.00	40 70	40	5.0 3.2	1.5 0.3	392	无	交叉 梁	北京市建筑设计院	程懋堃
7.50 14.23	30 100	50	2.1	2.0	392	无	条基	北京市建筑设计院 日本竹中工务店	崔鸿超 太田道彦
9.80 8.20	25 117	70	—	—	392	有	箱基 柱基	新疆维吾尔自治区建筑勘察设计院	茅晓峰
7.07 15.00	40 100	50	7.5	—	294	无	条基	航天部第七设计院	王震华
6.10 11.10	40 120	40	3.2	0.9	1471	有	柱基	建设部建筑设计院	谈德鸿
4.50 8.70	20 120	60	—	—	235	无	柱基	香港梁鸿志建筑工程事务所	梁鸿志、邓欢慈
2.00 7.50	25	55	—	—	1177	无	柱基	重庆市建筑勘察设计院	邵襄尔
9.45 9.25	40 140	55	—	—	280	无	箱托	华东建筑设计院	花更生、邵迪宏
5.80 14.00	40 90	40	—	—	441	无	条基	北京市建筑设计院	崔振亚
7.10 8.30	30 80	40	—	—	196	—	—	北京市建筑设计院	崔鸿超

序号	工程名称	塔楼层数	裙房层数	塔楼高度	结构形式	材料	抗震设防烈度	地基土类别	基底剪力系数	塔楼总重(MN) 底面积(m ²)	基础形式
		地上/ 地下	地上/ 地下	(m)							
21	中国国际贸易中心国际宾馆	22/2	2/2	76.55	框剪	RC	8	II	0.09	$\frac{1130}{2985}$	箱基
22	重庆曾家岩宾馆	23/1	1/1	73.50	剪力墙	RC	6	II		$\frac{290}{887}$	条基
23	北京兆龙饭店主楼	22/4	3/0	73.20	筒中筒	RC	8	II	0.027	$\frac{251}{886}$	箱基
24	北京翠微园西里高干住宅	24/3	无	71.27	剪力墙	RC	8	II	0.037	$\frac{181}{673}$	箱基
25	北京复兴门外7号楼	24/2	无	70.67	剪力墙	RC	8	II	0.055	$\frac{198}{776}$	箱基
26	北京翠微园住宅楼	28/3	无	69.37	剪力墙	RC	8	II	0.031	$\frac{159}{635}$	箱基
27	昆明市工人文化宫	18/1	2/0	69.30	框筒	RC	7	II	0.026	$\frac{215}{1105}$	箱基
28	北京市军队离休干部活动中心	21/2	—	67.80	剪力墙	RC	7	II		$\frac{382}{1269}$	箱基
29	辽宁省物资局交易中心	20/2	3/0	67.60	框剪	RC	7	II	0.019	$\frac{164}{640}$	箱基
30	广西北海皇都饭店	23/2	4/0	66.74	框支剪	RC	7	II	0.04	$\frac{161}{664}$	箱基
31	西藏成办招待所招待楼	18/1	15/1	64.60	剪力墙	RC	7	II	0.026	$\frac{291}{1553}$	箱基
32	北京图书馆A基本书库	19/3	4/0	64.00	框剪	RC	8	II	0.08	$\frac{554}{2506}$	箱基
33	海口中衡公寓	20/2	无	62.20	剪力墙	RC	8	II	0.06	$\frac{185}{605}$	箱基
34	广州中国大酒店	19/1	4/0	60.80	剪力墙	RC	7	II	0.02	$\frac{2005}{8780}$	箱基
35	哈铁运输营业所服务楼	20/2	无	60.40	框剪	RC	6	II		$\frac{125}{473}$	箱基
36	郑州河南省国际饭店	19/1	无	60.05	框剪	RC	6	II	0.012	$\frac{203}{2097}$	箱基
37	南京后宰门高层住宅	21/1	无	57.80	框剪	RC	7	II		$\frac{245}{900}$	箱基
38	沈阳重机厂高层住宅	18/2	无	56.10	剪力墙	RC	7	II	0.055	$\frac{102}{405}$	箱基
39	纺科院科研楼	13/2	无	55.20	框剪	RC	8	II	0.023	$\frac{228}{748}$	箱基
40	农业银行甘肃分行住宅	17/1	无	54.00	剪力墙	RC	8	II	0.047	$\frac{109}{483}$	箱基

基础结构			最大沉降 计算值	最大差异沉降 计算值	地基允许承载力	主楼与裙房 是否设沉降缝	裙房基础形式	设计单位	结构负责人
箱基或筏基与地下室			实测值	实测值	(kPa)				
高度 埋深 (m)	顶板厚 底板厚 (cm)	外墙厚 (cm)	(cm)	(cm)					
3.5 15.00	15 85	50	1.8	0.9	294	无	条基	日建设计株式会社 美国索伯尔/罗思公司	谷研一
1.20(梁高) 6.70	—	—	—	—	1472 ~1766	无	柱基	重庆市建筑勘察设计院	胡辉集
3.95 10.80	25 120	30	1.7	—	216	无	条基	北京市建筑设计院	何秉进
4.13 6.95	40 85	35	—	—	490	—	—	机械工业部设计研究总院	顾乃珊
3.60 5.97	30 60	25~30	—	—	—	—	—	北京市建筑设计院	贾 沐
3.98 6.80	40 70	35	0.9	0.7	490	—	—	机械工业部设计研究总院	陈 栋
6.70 5.65	30 90	50	—	6.0 1.1	245	有	柱基	云南省建筑设计研究院	罗殿朴、徐婉淦
— 9.88	25 70	30~35	8.0 2.7	— 1.0	180	设后 浇带	—	总参工程兵第四设计研究所	南岳华、邢念信
5.70 6.30	35 60	40	—	—	333	有	—	中国建筑东北设计院	程 洁、王其盛
5.80 5.50	35 65	40	28.0	—	275	无	条基	广西城乡规划设计院	方学明、彭 凌
5.10 5.40	20~35 100	40	—	—	343~ 588	抗震 缝	箱基	四川省建筑勘测设计院	田成儒
8.30 11.70	80 70	50	5.5	—	392	—	—	建设部建筑设计院	李培林
5.10 8.60	30 120	40	—	—	280	—	—	华东建筑设计院	花更生、冯路贤
4.00 4.00	30 120	70	—	—	294	抗震 缝	柱基 条基	广州市设计院	陈家麟
6.30 5.20	20 70	40	2.0	—	157	—	—	黑龙江省建筑设计院	李亚凡
5.80 4.38	25~40 100	40	—	25.0 31.5	167	—	—	河南省建筑设计研究院	黄咏彤
4.97 7.50	30 80	35	—	—	216	—	—	建材部蚌埠玻璃工业设计院	谢汝彬
6.85 7.00	30 60	40	1.2 1.7	0.2 0.2	216	—	—	中国建筑东北设计院	岑巨辉、刘启太
5.70 7.70	40 80	35	10.2	—	147	—	—	纺织部设计院	李星荣
4.70 5.40	40 70	30	—	—	491	—	—	甘肃省建筑设计研究院	吕元光