

高层建筑施工

GAO CENG JIAN ZHU SHI GONG

第二版

● 中国建筑工业出版社

TU974
1=2

高层建筑施工

(第二版)

胡世德 侯君伟 刘佩衡 王光遐
施文华 毛凤林 徐祖元 顾思新 编著
刘明伦 叶林标 王善庆 张 琰
胡世德 主编



北方工业大学图书馆



00474798

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

高层建筑施工/胡世德等编著. -2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 1998

ISBN 7-112-03386-1

I. 高… II. 胡… III. 高层建筑-工程施工 N. TU974

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 16799 号

《高层建筑施工》第二版全面、系统地总结了我国高层建筑施工的实践经验、特别是 90 年代高层建筑施工的新技术、新工艺及最新的成果, 是一本内容丰富、实用、资料翔实的应用技术书籍。

全书共分 9 篇内容, 其中包括: 国内外高层建筑发展简况、高层建筑各种体系及特点; 施工准备、施工机具选择、施工测量; 各种类型基础施工、深基坑支护类型、设计计算和施工; 主体结构框架、大模、滑模、爬模、筒体、升板和提升结构、钢结构等施工; 装饰工程施工; 防水工程施工; 电视塔施工; 施工管理和技术经济分析与评价; 国内各种类型高层建筑有关数据与宝贵资料。

该书特点是反映了 90 年代高层建筑施工的新技术与水平, 内容系统、全面、实用性强。

本书可供建筑施工广大工程技术人员、工程管理人员使用, 也可供设计人员及大专院校土建专业师生参考使用。

* * *

责任编辑 余永祯

责任设计 杨凤荣

责任校对 骆毓华

高层建筑施工

(第二版)

胡世德 侯君伟 刘佩衡 王光遐

施文华 毛凤林 徐祖元 顾思新 编著

刘明伦 叶林标 王善庆 张 琰

胡世德 主编

*

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

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 85 插页: 6 字数: 2176 千字

1998 年 8 月第二版 1998 年 8 月第六次印刷

印数: 25301-28300 册 定价: 116.00 元

ISBN 7-112-03386-1

TU · 2622 (8545)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第二版 前 言

本书第一版于1991年问世,内容着重总结我国80年代高层建筑施工的实践经验,受到广大建筑界人士的欢迎,从1991年12月至1997年4月曾多次印刷以满足读者的需求。

进入90年代,我国高层建筑进入新的发展时期。“八五”期间,年竣工10层以上建筑面积翻了一番,突破2000万 m^2 ;到1996年末,全国已建成的10层以上建筑超过1.5亿 m^2 ,相当于80年代末的3倍。80年代最高的建筑为高160m的深圳国贸大厦,1990年建成的北京京广中心是我国大陆首栋突破200m高度的超高层建筑,到1997年我国大陆超过200m高度的建筑已有9栋,上海金茂大厦(421m、88层)、深圳地王大厦(325m、81层)和广州中天广场(322m、80层)已列入世界上最高的100栋建筑的前列,加上香港的中环广场(374m、78层)、中银大厦(369m、70层)和台湾高雄的T&C大厦(348m、85层),在世界上最高的15栋中就占了6栋,高度超过世界第1名(马来西亚吉隆坡,双塔,450m,88层)的上海环球金融中心(460m,95层)已在浦东开始建设,我国已成为世界上高层建筑发展最快的国家。

随着高层建筑的迅速发展,在90年代我国建筑界已积累了相当丰富的高层建筑的实践经验。本书的作者从1994年9月接受中国建筑工业出版社修订《高层建筑施工》第一版的通知以来,即努力搜集有关的新资料,到各地考察学习;在此基础上,对第一版做了必要的删改,篇、章、节做了一些变动,着重充实了90年代国内高层建筑实践的新内容。

本书参考了大量的有关文献资料,其中主要参考资料列在各篇、章之后,对有关作者表示诚挚的谢意。

在本书第二版编写过程中,各地许多同志提供了重要帮助,其中有:叶可明、张福余、居世钰、龚剑、胡绍隆、周建龙、马朝晖、潘如莉(上海),黄迪平、乐国祥、林汉鹏、张振国、胡建新、吴锡锦(广州),龚兆吉(深圳),林桐(天津),柯金清(福州),刘立泉、王京锋(沈阳),傅昆山(贵阳),陈忠长、杨朝绎(南宁),唐杰林(乌鲁木齐),以及北京的许多同志等。在此,一并表示衷心的感谢。

编者

1997年12月

第二版执笔人

前 言	胡世德
1 概 论	胡世德
2 工程前期工作	
2.1 施工准备	侯君伟
2.2 施工机具选择	刘佩衡
2.3 施工测量	王光遐
3 基础工程施工	施文华
4 主体结构施工	
4.1 现浇混凝土结构通用施工技术	侯君伟
4.2 框架结构施工	侯君伟
4.3 大模板结构施工	胡世德
4.4 滑动模板结构施工	毛凤林
4.5 爬升模板结构施工	胡世德
4.6 筒体结构施工	侯君伟
4.7 升板和提升结构施工	胡世德
4.8 砌体结构施工	胡世德
4.9 装配式大板结构施工	徐祖元
4.10 钢结构施工	顾思新
5 装饰工程施工	刘明伦
(其中 5.6 玻璃幕墙由侯君伟执笔)	
6 防水工程施工	叶林标
7 电视塔施工	王善庆
8 施工管理和技术经济与评价	
8.1 施工管理	侯君伟
8.2 技术经济与评价	张 琰
9 国内高层建筑简况	胡世德

第一版 前 言

10 多年来,我国的高层建筑有了很大的发展,从沿海的少数城市发展到现在遍及全国的许多大中城市,从旅馆、办公楼发展到住宅、公寓和教学、科研、医疗、展览、通讯、电视、广播、商店、服务、厂房、仓库等各种用房,并建成了一批综合性的多功能大楼。层数从 10 多层直至 60 层以上,地上建筑物高度已超过 200m,电视塔高度已超过 400m。国内已竣工的高层建筑面积达数千万平方米,并以每年上千万平方米的速度增加。

高层建筑的大量兴建,推动了我国的材料、结构、建筑、设备、机械、电气和施工技术、组织管理、技术经济等各个领域的发展,我国已能独立设计和施工各种类型的高层建筑,在高层建筑的科学研究方面也有突出的成就。通过大量的工程实践,积累了丰富的经验和资料。

本书编写着重总结国内高层建筑施工方面的实践经验,同时也介绍了一些国外情况和有关设计构造等问题。从介绍国内外高层建筑发展简况、功能特点、各种建筑体系等开始,系统地阐述了高层建筑的工程前期工作和基础、结构、装饰、防水工程施工,并介绍了国内外电视塔的施工,最后阐述了高层建筑的施工管理与技术经济分析评价。

本书参考了大量的有关专业文献资料,其中主要参考资料在各篇、章之后作了说明,对此表示衷心的感谢。

本书是集体智慧的产物,除参加编著和执笔的 15 位同志外,还有许多同志提供了重要帮助,其中有:徐培福、赵西安、郝锐坤、方鄂华、王绍豪、宁淦泉、崔鸿超、李国胜、陈新民、涂逢祥、王康强、范懋达、陈振苍、王刚、杜文库、王偕才(北京);叶可明、居世钰、张锡荣、徐绳墨、诸葛滨、严仕政、王允恭、邵华、刘曜、兰幼(上海);周炳炎、王忠森、胡德均(天津);陈家辉、黄迪平、汤溪蔚(广州);刘铮华、龚兆吉(深圳);杜训(南京);应浩(杭州);樊小卿(武汉);高洁、莫庸(兰州);李翀(天水);钟礼伟(唐山);佟守成(沈阳);郭振华、完守庆(石家庄);杨舜臣(徐州)等。在此一并表示诚挚的谢意。

编者
1991 年

第一版 执笔人

前 言	胡世德
1. 概论	胡世德
2. 工程前期工作	
2.1 施工准备	侯君伟
2.2 施工机具选择	刘佩衡
2.3 施工测量	王光遐
3. 基础施工	施文华
4. 主体结构施工	
4.1 现浇钢筋混凝土结构通用施工方法	侯君伟
4.2 框架结构施工	侯君伟
4.3 大模板结构施工	胡世德
4.4 滑模结构施工	毛凤林
4.5 装配式大板结构施工	徐祖元
4.6 筒体结构施工	侯君伟
4.7 升板结构施工	胡世德
4.8 砌块结构施工	胡世德
4.9 钢结构施工	顾思新
5. 装饰工程施工	
5.1 装饰混凝土	刘明伦
5.2 建筑涂料	刘明伦
5.3 陶瓷玻璃饰面砖	刘明伦
5.4 饰面石材	钱 力 刘明伦
5.5 玻璃幕墙	崔学云 房家栋
5.6 金属板	刘明伦
6. 防水工程施工	叶林标
7. 电视塔施工	王善庆
8. 施工管理与技术经济	
8.1 施工管理	侯君伟
8.2 技术经济分析与评价	张 琰
附录	
附录一	胡世德
附录二	胡世德
附录三	胡世德

目 录

1 概论	1	2.3.1 准备工作	156
1.1 高层建筑发展简况	3	2.3.2 施工测量的基本工作	167
1.1.1 古代高层建筑	3	2.3.3 场地控制网的测设	179
1.1.2 近代与现代世界高层建筑的发展	3	2.3.4 建筑物的定位放线、基础放线和标高控制	186
1.1.3 现代国内高层建筑的发展	7	2.3.5 高层建筑竖向控制	190
1.2 高层建筑的优越性及特点、要求	20	2.3.6 沉降观测	202
1.2.1 高层建筑的优越性	20	2.3.7 竣工测量	203
1.2.2 高层建筑的特点与要求	21	主要参考资料	204
1.3 高层建筑体系选择	30	3 基础工程施工	205
1.3.1 综述	30	3.1 综述	206
1.3.2 按结构材料分类	31	3.1.1 基础工程的发展	206
1.3.3 按结构类型分类	35	3.1.2 深基坑工程的发展	207
1.3.4 按施工方法分类	45	3.1.3 高层建筑基础特点	210
1.4 高层建筑施工技术、管理与经济	50	3.1.4 基础结构类型	211
1.4.1 施工技术	50	3.1.5 深基坑支护工程	212
1.4.2 施工管理	53	3.1.6 国内高层建筑基础及深基坑的现状	212
1.4.3 技术经济	55	3.2 基础选型	228
主要参考资料	57	3.2.1 基础选型要求	228
2 工程前期工作	59	3.2.2 不同地区的地质情况与基础选型	228
2.1 施工准备	60	3.2.3 主楼与裙房基础处理	231
2.1.1 高层建筑施工准备工作特点	60	3.2.4 基础选型实例	232
2.1.2 施工准备工作的主要内容	61	3.3 箱形基础和筏板基础	235
主要参考资料	74	3.3.1 箱形基础	235
2.2 施工机具选择	75	3.3.2 筏板基础	236
2.2.1 土方施工机械	75	3.3.3 桩箱与桩筏复合基础	236
2.2.2 塔式起重机	79	3.3.4 大体积混凝土	237
2.2.3 垂直升运机械	106	3.4 预制桩基础	248
2.2.4 混凝土施工机械	111	3.4.1 适用范围和优缺点	248
2.2.5 脚手架	128	3.4.2 单桩垂直荷载受力分析	249
2.2.6 施工电梯	149	3.4.3 单桩竖向承载力的确定	250
主要参考资料	154	3.4.4 打桩机械设备	255
2.3 施工测量	155	3.4.5 预制钢筋混凝土桩施工	260

3.4.6 打桩常见事故及分析.....	263	3.9.9 国内锚杆技术发展.....	370
3.4.7 钢管桩.....	264	3.9.10 工程实例	372
3.5 灌注桩基础	267	3.10 土钉支护	380
3.5.1 分类和适用范围.....	267	3.10.1 概述	380
3.5.2 灌注桩主要优缺点.....	267	3.10.2 土钉支护的基本原理	382
3.5.3 灌注桩单桩竖向承载力.....	268	3.10.3 土钉支护设计	383
3.5.4 群桩竖向承载力.....	268	3.10.4 土钉支护内部稳定分析	386
3.5.5 螺旋钻孔灌注桩施工.....	270	3.10.5 土钉支护外部稳定分析	387
3.5.6 振动沉管和振动冲击沉管灌注桩施工	272	3.10.6 土钉支护施工	388
3.5.7 回转挖土泥浆护壁成孔灌注桩.....	273	3.10.7 施工监测	390
3.5.8 灌注桩单桩沉降与工程实测沉降.....	274	3.10.8 工程实例	390
3.5.9 干作业灌注桩桩底压力灌浆.....	276	主要参考资料	395
3.5.10 泥浆护壁灌注桩桩底压力灌浆	277	4 主体结构施工	397
3.6 大直径扩底墩基础	281	4.1 现浇混凝土结构通用施工技术	398
3.6.1 桩身和扩底墩型式.....	280	4.1.1 模板技术.....	398
3.6.2 非基岩地基扩底墩破坏模式.....	281	4.1.2 钢筋连接技术.....	428
3.6.3 扩底墩竖向承载力计算公式.....	282	4.1.3 高强混凝土与泵送混凝土.....	458
3.6.4 扩底墩现场压桩试验.....	283	主要参考资料	476
3.6.5 大直径扩底墩的有关技术规定.....	286	4.2 框架结构施工	477
3.6.6 施工设备及工艺.....	287	4.2.1 全现浇框架结构施工.....	479
3.6.7 质量控制和安全措施.....	291	4.2.2 装配式预制框架结构施工.....	513
3.6.8 大直径扩底墩的优点及存在问题.....	292	4.2.3 现浇柱预制梁板框架结构施工.....	522
3.6.9 扩底墩技术经济效益.....	292	4.2.4 装配整体式预应力板柱结构施工.....	526
3.6.10 大直径扩底墩基础近年发展实例	293	主要参考资料	533
3.7 深基坑支护类型及设计计算	296	4.3 大模板结构施工	535
3.7.1 深基坑支护结构类型.....	296	4.3.1 大模板.....	537
3.7.2 桩墙式挡土结构设计计算.....	303	4.3.2 内墙现浇、外墙预制大模板结构施工	546
3.7.3 支护桩墙稳定验算.....	322	4.3.3 内外墙全现浇大模板结构施工.....	562
3.8 深基坑支护桩墙式结构施工	327	4.3.4 内墙现浇、外墙砌筑大模板结构施工	572
3.8.1 钢板桩施工.....	327	4.3.5 大开间大模板结构施工.....	576
3.8.2 地下连续墙施工.....	329	4.3.6 底层大空间结构施工.....	593
3.8.3 工程实例.....	335	4.3.7 大模板结构冬期施工.....	598
3.9 土层锚杆	347	4.3.8 大模板结构施工的质量和安全.....	599
3.9.1 锚杆的发展与应用.....	347	4.3.9 隧道模施工.....	601
3.9.2 锚杆的构造及类型.....	348	主要参考资料	604
3.9.3 锚杆的抗拔作用.....	349	4.4 滑动模板结构施工	605
3.9.4 锚杆的承载能力.....	352	4.4.1 滑模工程设计.....	606
3.9.5 锚杆设计.....	354	4.4.2 滑模装置的设计与组装.....	608
3.9.6 锚杆整体稳定计算.....	357	4.4.3 墙体滑模施工.....	632
3.9.7 锚杆试验.....	360	4.4.4 楼板结构的施工.....	662
3.9.8 锚杆施工.....	366		

2A

4.4.5 滑模施工的工程质量与安全技术·····	671	4.10.5 加工制造·····	857
4.4.6 滑模冬期施工·····	680	4.10.6 吊装和连接·····	882
主要参考资料·····	683	4.10.7 楼盖工程·····	929
4.5 爬升模板结构施工·····	684	4.10.8 防火工程·····	940
4.5.1 外墙及电梯井筒爬模施工·····	685	主要参考资料·····	951
4.5.2 整体爬模施工·····	694	5 装饰工程施工 ·····	953
4.5.3 国内 320m 以上超高层建筑爬模施工·····	705	5.1 装饰混凝土·····	955
4.5.4 构筑物爬模施工·····	711	5.1.1 原材料选择·····	955
4.5.5 国外爬模施工·····	713	5.1.2 预制装饰混凝土制品及施工·····	956
主要参考资料·····	716	5.1.3 现浇装饰混凝土墙体及施工·····	963
4.6 筒体结构施工·····	717	5.2 建筑涂料·····	965
4.6.1 概述·····	717	5.2.1 概述·····	965
4.6.2 施工工艺·····	719	5.2.2 外墙建筑涂料·····	967
主要参考资料·····	736	5.2.3 施工工艺·····	970
4.7 升板和提升结构施工·····	738	5.2.4 耐久性·····	972
4.7.1 升板设备·····	738	5.3 陶瓷玻璃饰面砖(板)·····	975
4.7.2 预制柱升板施工·····	739	5.3.1 外墙饰面砖·····	976
4.7.3 劲性配筋现浇柱升板施工·····	741	5.3.2 施工工艺·····	979
4.7.4 柔性配筋现浇柱升板施工·····	745	5.4 饰面石材·····	985
4.7.5 其他高层升板方法·····	746	5.4.1 概述·····	985
4.7.6 升板结构施工的安全和质量·····	747	5.4.2 施工工艺·····	989
4.7.7 提升法在高层建筑中的应用·····	749	5.4.3 工程实例·····	996
主要参考资料·····	754	5.5 金属装饰板·····	998
4.8 砌体结构施工·····	755	5.5.1 几种金属装饰板·····	998
4.8.1 砌块高层建筑·····	755	5.5.2 施工工艺·····	1001
4.8.2 “内砌外浇”高层建筑·····	764	5.5.3 工程实例·····	1003
主要参考资料·····	765	5.6 玻璃幕墙·····	1005
4.9 装配式大板结构施工·····	766	5.6.1 玻璃幕墙的构造·····	1005
4.9.1 概述·····	766	5.6.2 材料与专用机具·····	1008
4.9.2 大型混凝土板材的生产·····	774	5.6.3 加工制作·····	1012
4.9.3 施工准备工作·····	786	5.6.4 安装施工·····	1013
4.9.4 施工工艺·····	795	主要参考资料·····	1026
4.9.5 节点施工·····	802	6 防水工程施工 ·····	1029
4.9.6 结构施工的质量验收及评定·····	807	6.1 地下室防水·····	1031
4.9.7 冬期施工·····	808	6.1.1 钢筋混凝土结构自防水·····	1031
主要参考资料·····	809	6.1.2 合成高分子卷材防水·····	1037
4.10 钢结构施工·····	810	6.1.3 高聚物改性沥青卷材防水·····	1043
4.10.1 我国钢结构发展概况·····	810	6.1.4 涂膜防水·····	1050
4.10.2 结构类型·····	817	6.1.5 架空地板及离壁衬套墙内排水做法·····	1055
4.10.3 钢和钢材·····	836	6.2 屋面防水·····	1057
4.10.4 构件和节点·····	846	6.2.1 屋面防水施工基本要求·····	1057

6.2.2 合成高分子卷材防水	1059	7.4.1 筒身特点	1101
6.2.3 高聚物改性沥青卷材防水	1063	7.4.2 施工工艺	1101
6.2.4 聚氨酯涂膜防水	1063	7.4.3 工程实例	1102
6.2.5 刚性屋面防水	1064	7.5 塔楼及桅杆施工	1107
6.2.6 架空隔热屋面及倒置式屋面	1066	7.5.1 塔楼施工	1107
6.3 厕浴间防水	1068	7.5.2 桅杆施工	1110
6.3.1 聚氨酯涂膜防水	1068	7.6 垂直运输	1112
6.3.2 氯丁胶乳沥青涂料防水	1069	7.6.1 拔杆	1112
6.4 特殊部位防水	1072	7.6.2 施工电梯	1112
6.4.1 材料及施工机具	1072	7.6.3 内爬塔	1113
6.4.2 防水构造	1072	7.7 测量控制	1115
6.4.3 施工操作步骤	1072	7.7.1 电视塔施工的质量要求	1115
6.5 外墙板板缝密封防水	1074	7.7.2 测量控制的方法和手段	1116
6.5.1 材料及施工机具	1074	7.7.3 施工测量的分工和流程	1117
6.5.2 施工操作步骤	1075	7.7.4 筒体施工中的日照变形观测	1119
6.5.3 工程质量及验收	1076	7.8 安全与质量	1120
6.5.4 施工注意事项	1076	7.8.1 安全控制	1120
6.5.5 密封胶参考用量	1077	7.8.2 质量控制	1121
主要参考资料	1077	主要参考资料	1123
7 电视塔施工	1079	8 施工管理和技术经济分析与评价	1125
7.1 国外电视塔概况	1081	8.1 施工管理	1126
7.1.1 加拿大多伦多电视塔	1082	8.1.1 施工管理体制	1126
7.1.2 莫斯科奥斯坦金电视塔	1083	8.1.2 施工现场场容及环境管理	1126
7.1.3 柏林电视塔	1084	8.1.3 计划调度和技术管理	1128
7.1.4 法兰克福电视塔	1085	8.1.4 质量、安全和消防管理	1132
7.2 国内电视塔概况	1086	8.1.5 料具、设备、构配件管理	1135
7.2.1 北京中央电视塔	1086	8.2 技术经济分析与评价	1137
7.2.2 天津电视塔	1088	8.2.1 技术经济分析与评价的内容	1137
7.2.3 西安电视塔	1089	8.2.2 技术经济分析与评价的方法	1142
7.2.4 湖北龟山电视塔	1090	主要参考资料	1153
7.2.5 辽宁电视塔	1091	9 国内高层建筑简况	1155
7.2.6 南京电视塔	1092	9.1 住宅、公寓、商住楼	1156
7.2.7 上海电视塔	1092	9.2 饭店、宾馆、酒店	1189
7.3 基础施工	1094	9.3 办公楼、业务楼、综合楼	1250
7.3.1 钢筋混凝土电视塔基础的特点	1094	9.4 科学、教育、文化、卫生建筑	1326
7.3.2 深基础土方施工	1094	9.5 厂房、冷库	1344
7.3.3 大体积混凝土施工	1096		
7.3.4 预应力施工	1097		
7.4 筒体施工	1101		

1

概 论

世界各国高层建筑及超高层建筑都没有固定不变的划分标准,随着高层建筑的发展,划分标准也相应调整。联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会于1972年建议按高层建筑的层数和高度分为四类:

第一类:9~16层(最高到50m);

第二类:17~25层(最高到75m);

第三类:26~40层(最高到100m);

第四类:40层以上(高度超过100m)。

我国在1983年以前,以8层作为高层建筑的起点。如《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规定》(JGJ3—79)中,第一章第3条:“本规定适用于8层及8层以上的高层民用建筑……”。

自1983年6月1日开始试行的国家标准《高层民用建筑设计防火规范》(GBJ45—82)第1.0.3条规定适用于“10层及10层以上的住宅建筑”和“建筑高度超过24m的其他民用建筑”。

由1987年10月1日开始试行的部标准《民用建筑设计通则》(JGJ 37—87)第1.0.5条又进一步明确民用建筑层数的划分:

(1)住宅建筑按层数划分为:1~3层为低层;4~6层为多层;7~9层为中高层;10层以上为高层。

(2)公共建筑及综合性建筑总高度超过24m者为高层(不包括高度超过24m单层主体建筑)。

(3)建筑物高度超过100m时,不论住宅或公共建筑均为超高层。为简化统计口径,建设部主管部门从1984年起,对住宅和非住宅,一律以10层作为高层建筑统计的起点。

本书针对10层以上的建筑编著。

1.1 高层建筑发展简况

1.1.1 古代高层建筑

人类自古以来就有向高空发展的愿望和要求，并在建筑上付诸实现。

公元前 280 年建成的亚历山大港口的灯塔，高 100 多 m，全部用石砌筑，曾耸立在港口 1000 多年，引导船只避免触礁。欧洲古代的罗马城在公元 80 年已有砖墙承重的 10 层建筑。

我国古代高层建筑集中表现在各种宝塔。现存最早的嵩岳寺塔，公元 523 年北魏建于河南登封县境的嵩山南麓，总高 41m 左右，为砖砌单层筒体，平面正 12 边形，外形为 15 层密檐。公元 836 年唐朝中叶即云南的南诏国后期，建于大理城北苍山之麓崇圣寺三塔的主塔，顶高 70m，称千寻塔，为 16 层密檐式方塔，砖砌单层筒体，历经 1000 多年的频繁地震而安然存在。我国现存最高的砖塔为河北定县城内的开元寺塔，建于北宋时期公元 1001~1055 年，塔高 84m，砖砌双层筒体，共 11 层，平面为正八角形，又可登塔瞭望，监视敌情，所以俗称料敌塔。

除上述及其他保存至今的一批砖塔外，我国古代修建的大量木塔，由于木结构易燃，基本上毁于火灾，如北魏洛阳 100 多 m 高的永宁寺塔和宋代开封 11 层的开宝寺塔等。保存至今幸免于火的最古、最高的木结构为山西应县佛宫寺释迦塔，建于辽代公元 1056 年，全高 67m，正八角形，5 层 6 檐，各楼层间设有暗层，结构采用双层环形空间木构架。

坐落在西藏拉萨的布达拉宫，外 13 层，内 9 层，是海拔最高，集宫殿、城堡、寺院和藏汉建筑风格于一体的宏传建筑。初建于公元 7 世纪，17 世纪后陆续重建扩建，是用花岗岩砌筑的。1994 年大修竣工并测绘，以红山脚下国家永久性水平测量点为基点，最高点为达赖灵塔的金顶，相对高度 115.7m，海拔 3756.5m。

1.1.2 近代与现代世界高层建筑的发展

近代高层建筑是城市化、工业化和科学技术发展的产物。城市工业和商业的迅速发展，城市人口的猛增，建设用地的日渐紧张，促使建筑向空中发展。而电梯和钢铁、水泥生产的发展为兴建高层建筑提供了物质基础。

第一台电梯于 1859 年用于纽约第五大街的一家旅馆中。作为近代高层建筑起点的标志是 1883 年在芝加哥开始建造的家庭保险公司大楼 (Home Insurance Building)，11 层，高 55m，采用铸铁框架，部分钢梁和砖石自承重外墙。1891~1895 年在芝加哥建造的共济会神殿 (Masonis Temple) 大楼，20 层，92m 高，是首次全部用钢做框架的高层建筑。1903 年在辛辛那提建造的英格尔大楼 (Ingall)，16 层，是最早的钢筋混凝土框架高层建筑。

钢框架由于增设了斜支撑，刚度和强度得到加强，使建筑物的高度可以显著增加。1905~1909 年在纽约建造了 50 层、高 213m 的大都会生命大厦 (Metropolitan Life Building)。

1913 年在纽约建成乌尔沃斯大厦 (Woolworth Building), 57 层, 高 241m, 内部设电梯 26 部, 可容纳万人以上人员办公。1931 年在纽约建成帝国大厦 (Empire State Building), 102 层, 381m 高, 有 65 部电梯; 在此后的 40 年中, 一直是世界上最高的建筑物。直到 1972~1974 年, 在纽约和芝加哥分别建成世界贸易中心 (World Trade Center) 北楼、南楼和西尔斯大厦 (Sears Tower), 均 110 层, 高度分别为 417m、415m 和 443m; 直至 1995 年, 是世界上已经建成最高的 3 栋高层建筑。

1986 年 1 月, 在美国芝加哥召开了第三届国际高层建筑会议, 以纪念第一栋高层建筑——芝加哥家庭保险公司大楼——诞生 100 周年, 发布了当时全世界最高的 100 栋建筑简况。以后, 1990 年 11 月在香港和 1995 年 5 月在荷兰阿姆斯特丹分别召开第四届和第五届国际高层建筑会议时, 也发布了当时最高的 100 栋建筑简况。有关高度、分布国家地区、用途和结构材料的发展变化见表 1-1-1。

10 年来世界最高 100 栋建筑发展简况

表 1-1-1

发布年月	高度范围 (m)	分布国家 地区	主要国家地区 (栋)										用途 (栋)				材料 (栋)			
			美国	日本	香港	加拿大	新加坡	马来西亚	澳大利亚	中国	其他	办公	多功能	旅馆	其他	钢	钢混	混凝土	其他	
1986.1	206~443	12	78	4	2	5	3	1	2	—	5	89	8	3	—	65	22	13	—	
1990.11	218~443	14	76	3	1	5	3	1	3	—	8	85	12	3	—	53	26	19	2	
1995.10 ^①	226~450	17	60	6	5	4	4	4	3	3	11	81	16	1	2	45	26	18	11	

①1995 年 5 月第五届国际高层会议后, 作了个别调整, 于 1995 年 10 月重新发布。

从表 1-1-1, 可对 10 年来世界超高层建筑的发展变化作如下的分析:

一、高度

建筑高度的发展逐步加快。1931~1971 年, 帝国大厦曾以 381m 高度雄居世界最高建筑宝座 40 年; 同属美国的西尔斯大厦, 1974~1995 年, 以 443m 高度保持世界最高建筑桂冠 21 年; 位于马来西亚吉隆坡的石油大厦 (Petronas Tower) 双塔已于 1996 年建成, 高 450m, 列为新的世界最高 100 栋之前二名; 这个新纪录不久也将打破。第 100 栋的高度已从 1986 年的 206m 提高到 1995 年的 226m。

二、分布国家、地区

1986 年, 世界上最高的建筑集中在北美洲, 100 栋中有 78 栋建在美国, 5 栋建在加拿大。10 年来, 分布的国家、地区由 12 个增加到 17 个, 新建的超高层建筑逐步向西太平洋沿岸转移, 美国由 78 栋降到 60 栋, 加拿大由 5 栋降到 4 栋; 而日本由 4 栋增至 6 栋, 香港由 2 栋增至 5 栋, 新加坡和马来西亚各增至 4 栋, 澳大利亚和中国大陆各增至 3 栋。100 栋的前 20 名中, 有 10 栋是 90 年代新建的, 其中除美国亚特兰大在 1992 年建成 1 栋外, 其他 9 栋均建在亚洲; 中国大陆首次榜上有名, 上海金茂大厦、深圳地王大厦和广州中天广场分别排名第 4、第 13 和第 14, 香港中环广场和中银大厦名列第 8 和第 9, 台湾高雄 T&C 大厦名列第 10, 朝鲜平壤柳京饭店名列第 20 (表 1-1-2)。

三、用途

世界上 100 栋最高建筑用于商务办公楼最多, 1986 年为 89 栋, 1995 年降至 81 栋; 其次为多功能建筑, 原为 8 栋, 增至 16 栋; 再次为旅馆, 由 3 栋减至 1 栋 (柳京饭店); 其

他为莫斯科国立大学（高 239m）和华沙科学文化宫（高 231m）两栋文教建筑。

四、结构材料

1986 年前世界上超高层建筑大多采用钢结构，其次为钢-钢筋混凝土混合结构，再次为钢筋混凝土结构，100 栋中分别占 65 栋、22 栋和 13 栋。10 年来，新建的纯钢结构较少，在 100 栋中已从 65 栋下降到 45 栋，在前 20 名最高建筑中，90 年代新建的 10 栋只有 1 栋是纯钢结构（高雄 T&C 大厦），其他 5 栋为钢混结构、4 栋为钢筋混凝土结构。详见表 1-1-2。

世界上最高的 100 栋建筑

高层建筑与城市住宅委员会 (CTBUH) 1995 年 10 月 31 日发布

表 1-1-2

序号	名 称		城市	建成 (年)	层数	高度 (m)	材料	用途
1	石油大厦 1	Petronas Tower1	吉隆坡	UC96	88	450	M	多功能
2	石油大厦 2	Petronas Tower2	吉隆坡	UC96	88	450	M	多功能
3	西尔斯大厦	Sears Tower	芝加哥	1974	110	443	S	办公
4	金茂大厦	Jin Mao Building	上海	UC98	88	421	M	多功能
5	世界贸易中心 1	One World Trade Center	纽约	1972	110	417	S	办公
6	世界贸易中心 2	Two World Trade Center	纽约	1973	110	415	S	办公
7	帝国大厦	Empire State Building	纽约	1931	102	381	S	办公
8	中环广场	Central Plaza	香港	1992	78	374	C	办公
9	中银大厦	Bank of China Tower	香港	1989	70	369	M	办公
10	T&C 大厦	T&C Tower	高雄	UC97	85	348	S	多功能
11	标准石油公司大厦	Amoco	芝加哥	1973	80	346	S	办公
12	约翰汉考克中心	John Hancock Center	芝加哥	1969	100	344	S	多功能
13	地王大厦	Shun Hing Square	深圳	UC96	81	325	M	办公
14	中天广场（中信广场）	Sky Central Plaza	广州	UC96	80	322	C	多功能
15	拜约基大厦	Baiyoke Tower II	曼谷	UC97	90	320	C	多功能
16	克莱斯勒大厦	Chrysler Bulding	纽约	1930	77	319	S	办公
17	国民银行广场	Nations Bank Plaza	亚特兰大	1992	55	312	M	办公
18	第一州际世界中心	First Interstate World Center	洛杉矶	1989	75	310	M	办公
19	得克萨斯商业大厦	Texas Commerce Tower	休斯顿	1982	75	305	M	办公
20	柳京饭店	Ryugyong Hotel	平壤	UC95	105	300	C	饭店
21	咨询广场 2	Two Prudential Plaza	芝加哥	1990	64	298	C	办公
22	第一州际银行广场	First Interstate Bank Plaza	休斯顿	1983	71	296	S	办公
23	兰马克大厦	Landmark Tower	横滨	1993	70	296	S	多功能
24	南威克街 311 大厦	311 South Wacker Drive	芝加哥	1990	65	292	C	办公
25	租庇利街/皇后大道中大厦	Jubilee Street/Queen's Road Central	香港	UC97	69	292	S	办公
26	第一加拿大大厦	First Canadian Place	多伦多	1975	72	290	S	办公
27	美洲国际大厦	American International Building	纽约	1932	66	290	S	办公
28	自由大厦 1	One Liberty Place	费城	1987	61	287	S	办公
29	哥伦比亚第一海上中心	Columbia Seafirst Center	西雅图	1985	76	287	M	办公
30	华尔街 40 大厦	40 Wall Street	纽约	1930	70	283	S	办公
31	国民银行广场	Nations Bank Plaza	达拉斯	1985	72	281	M	办公
32	华联银行中心	Overseas Union Bank Centre	新加坡	1986	66	280	S	办公
33	华联银行广场	United Overseas Bank Plaza	新加坡	1992	66	280	—	办公
34	共和广场	Republic Plaza	新加坡	1995	66	280	M	办公

续表

序号	名 称		城市	建成 (年)	层数	高度 (m)	材料	用途
35	花旗中心	Citicorp Center	纽约	1977	59	279	S	多功能
36	斯科休广场	Scotia Plaza	多伦多	1989	68	275	M	办公
37	特兰斯科大厦	Transco Tower	休斯顿	1983	64	275	S	办公
38	社会中心	Society Center	克利夫兰	1991	57	271	M	办公
39	AT&T 公司中心	AT&T Corporate Center	芝加哥	1989	60	270	M	办公
40	北密西根 900 大厦	900 North Michigan	芝加哥	1989	66	265	M	多功能
41	国民银行中心	NationsBank Corporate Center	夏洛特	1992	60	265	C	办公
42	桃树中心 1	One Peachtree Center	亚特兰大	1992	60	264	C	办公
43	加拿大信托大厦	Canada Trust Tower	多伦多	1990	51	263	—	办公
44	水塔大厦	Water Tower Place	芝加哥	1976	74	262	C	多功能
45	第一州际大厦	First Interstate Tower	洛杉矶	1974	62	262	S	办公
46	全美金字塔大厦	Transamerica Pyramid	旧金山	1972	48	260	S	办公
47	G. E. 洛克菲勒中心	G. E. Rockefeller Center	纽约	1933	70	259	S	办公
48	第一国民银行广场 1	One First National Plaza	芝加哥	1969	60	259	S	办公
49	商业银行大厦	Commerzbank Tower	法兰克福	UC97	60	259	—	办公
50	自由大厦 2	Two Liberty Place	费城	1990	58	258	—	办公
51	迈萨托大厦	Messeturm	法兰克福	1990	63	257	C	办公
52	USX 大厦	USX Tower	匹兹堡	1970	64	256	S	办公
53	门楼大厦	Gate Tower	大阪	UC96	56	254	—	办公
54	世界贸易中心	World Trade Center	大阪	1994	55	252	M	办公
55	亚特兰大中心 1	One Atlantic Center	亚特兰大	1988	50	250	M	办公
56	BNI 城市大厦	BNI City Tower	雅加达	1995	46	250	—	办公
57	朝鲜人寿保险公司大厦	Korea Life Insurance Company	汉城	1985	60	249	S	办公
58	城巔大厦	CitySpire	纽约	1989	72	248	C	多功能
59	蔡斯曼哈顿广场 1	One Chase Manhattan Plaza	纽约	1961	60	248	S	办公
60	公园街 200 大厦	200 Park Avenue	纽约	1963	59	246	S	办公
61	KTAR 大厦	Kompleks Tun Abdul Razak Building	槟城	1985	65	245	C	办公
62	马拉扬银行大厦	Malayan Bank	吉隆坡	1988	50	244	C	办公
63	东京都府大厦	Tokyo Metropolitan Government Building	东京	1991	48	243	M	办公
64	内托大厦	Rialto Tower	墨尔本	1985	56	242	C	办公
65	乌尔沃斯大厦	Woolworth Building	纽约	1913	57	241	S	办公
66	美浓银行中心	Mellon Bank Center	费城	1990	54	241	S	办公
67	约翰汉考克大厦	John Hancock Tower	波士顿	1976	60	240	S	办公
68	银行中心	Bank One Center	达拉斯	1987	60	240	M	办公
69	JR 中心大厦	JR Central Towers	名古屋	UC99	53	240	—	多功能
70	西商业大厦	Commerce Court West	多伦多	1973	57	239	M	办公
71	莫斯科国立大学	Moscow State University	莫斯科	1953	26	239	—	文教
72	国民银行中心	NationsBank Center	休斯顿	1984	56	238	S	办公
73	美洲银行中心	Bank of America Center	旧金山	1969	52	237	S	办公
74	世界广场 1	One Worldwide Plaza	纽约	1989	47	237	S	办公
75	加拿大广场 1	One Canada Square	伦敦	1991	50	237	S	办公
76	IDS 中心	IDS Center	明尼阿波利斯	1972	57	236	M	办公
77	西北中心	Norwest Center	明尼阿波利斯	1988	57	236	S	办公
78	第一银行大厦	First Bank Place	明尼阿波利斯	1992	53	236	S	办公