



教育部高职高专规划教材

# 高层建筑施工

孙加保 编



化学工业出版社  
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

# 高层建筑施工

孙加保 编



化学工业出版社  
教材出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

高层建筑施工/孙加保编. —北京: 化学工业出版社,  
2004.12  
教育部高职高专规划教材  
ISBN 7-5025-6400-4

I. 高… II. 孙… III. 高层建筑-工程施工-高等  
学校: 技术学院-教材 IV. TU974

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 127030 号

---

教育部高职高专规划教材

**高层建筑施工**

孙加保 编

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 张燕文

责任校对: 陈静 战河红

封面设计: 于兵

化学工业出版社  
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 424 千字

2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6400-4/G · 1628

定 价: 28.00 元

---

**版权所有 违者必究**

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 教育部高职高专土建类专业教材 编审委员会

## 主任委员

吴大炜

## 副主任委员

张保善 苏 炜 于宗保

## 委 员

(按姓氏汉语拼音排序)

蔡丽朋	程绪楷	代学玲	何世玲
胡义红	蒋红焰	李九宏	吕宣照
苏 炜	孙海粟	孙加保	汪 绯
汪 菁	王付全	吴大炜	于宗保
张保善	张兴昌	周建郑	

## 出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

# 前 言

《高层建筑施工》一书，是编者结合多年建筑施工教学经验和工程实践经验，同时参考一定的资料编写而成。

本书主要讲述了检验批或分项工程的施工工艺、施工技术和新质量措施及安全措施。

本书与同类书相比，具有以下特点。

第一，本书章、节划分层次明了，内容编写通俗易懂、实用，使读者读后易于了解和掌握。

第二，本书突出了高层建筑施工特点的内容，而对通用的建筑施工技术不予论述，这部分内容可参考有关资料。

第三，本书将近期出版的新规范、新规程、新标准融入其中，丰富了其内容，并结合工程实际。

第四，本书附有工程实践题，便于读者更好地学习和掌握，从而提高读者的动手能力和操作水平。

全书由孙加保编写和审定。在编写本书中参考了有关材料，在此向其作者一并表示谢意。

由于编写水平有限，加之时间仓促，错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正，并表示衷心的感谢！

编 者

2004年9月

## 内 容 提 要

本书共分八章，其内容包括：概述、深基坑支护结构施工、深基坑土方开挖、深基坑降水、高层建筑基础施工、高层建筑主体结构施工、高层建筑施工测量和高层建筑施工机具。每章附有复习思考题及有关工程实例等。

本书为高职高专房屋建筑工程专业和监理专业及相关专业的教材，同时也可作为有关岗位培训和建筑工程技术人员学习参考用书。

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	1
<b>第一节 高层建筑的发展</b> .....	1
一、高层建筑的概念 .....	1
二、高层建筑的特点 .....	2
三、高层建筑的兴起和发展 .....	5
四、高层建筑的发展趋势 .....	7
<b>第二节 高层建筑施工技术的发展</b> .....	10
一、高层建筑的施工特点 .....	10
二、高层建筑施工技术的发展 .....	11
复习思考题 .....	12
<b>第二章 深基坑支护结构施工</b> .....	13
<b>第一节 深基坑支护结构的造型</b> .....	13
一、深基坑支护结构的作用 .....	13
二、深基坑支护结构的选型 .....	13
<b>第二节 深基坑支护结构计算</b> .....	20
一、悬臂式灌注桩支护计算 .....	20
二、排桩土层锚杆支护计算 .....	24
<b>第三节 深基坑支护结构施工</b> .....	32
一、灌注桩支护施工 .....	32
二、土层锚杆施工 .....	33
三、地下连续墙支护施工 .....	35
四、土钉墙支护施工 .....	38
<b>第四节 深基坑支护结构监测</b> .....	41
一、深基坑支护结构监测方法 .....	41
二、常用监测仪器及其使用方法 .....	41
三、监测数据整理与报警标准 .....	46
复习思考题 .....	46
练习题 .....	46
<b>第三章 深基坑土方开挖</b> .....	48
<b>第一节 深基坑土方开挖方法选择</b> .....	48
一、深基坑土方分层开挖 .....	48
二、深基坑土方分段开挖 .....	49



三、深基坑土方中心岛开挖 .....	50
四、深基坑土方盆式开挖 .....	50
第二节 机械开挖土方 .....	51
一、开挖机械的选择 .....	51
二、机械开挖土方 .....	52
三、机械开挖土方应注意的问题 .....	54
第三节 深基坑施工质量验收 .....	54
一、常用地基检验技术 .....	54
二、深基坑施工质量验收 .....	56
第四节 常用地基加固方法 .....	58
一、产生地基加固的因素 .....	58
二、地基加固方法 .....	58
复习思考题 .....	64
<b>第四章 深基坑降水</b> .....	65
第一节 轻型井点降水 .....	66
一、主要机械设备选择 .....	66
二、轻型井点降水施工 .....	68
三、轻型井点降水计算 .....	71
第二节 井点回灌技术 .....	76
一、井点回灌构造 .....	76
二、井点回灌技术 .....	77
复习思考题 .....	78
练习题 .....	78
<b>第五章 高层建筑基础施工</b> .....	79
第一节 灌注桩施工 .....	79
一、人工挖孔混凝土灌注桩 .....	79
二、大直径机械成孔桩 .....	86
三、钻孔压浆桩 .....	89
四、桩端压浆桩 .....	90
五、超流态混凝土灌注桩 .....	92
第二节 大体积混凝土基础施工 .....	94
一、大体积混凝土基础的特点 .....	94
二、大体积混凝土基础的施工 .....	95
三、大体积混凝土结构温度裂缝的产生与预防措施 .....	104
第三节 地下结构防水施工 .....	105
一、地下工程防水混凝土施工 .....	105
二、地下工程水泥砂浆防水层施工 .....	109
三、地下工程涂膜防水层施工 .....	113
四、地下工程金属板防水层施工 .....	116
五、地下防水工程渗漏与防治方法 .....	118

复习思考题	120
<b>第六章 高层建筑主体结构施工</b>	<b>121</b>
第一节 高层现浇框架结构施工	121
一、模板工程	121
二、钢筋工程	133
三、混凝土工程	144
第二节 高层装配整体式框架施工	154
一、梁柱节点构造	154
二、先浇筑柱后吊装预制梁板	154
三、先吊装预制梁、板后浇筑柱	156
第三节 高层建筑预应力结构施工	158
一、无黏结预应力筋在现浇结构中的配置	159
二、无黏结预应力梁、板楼盖施工	160
三、施工质量验收	169
第四节 高层建筑钢结构施工	170
一、钢结构构件安装前的准备工作	170
二、钢结构构件的连接	174
三、高层钢结构安装	181
四、钢网架结构安装	187
第五节 高层建筑砌块结构施工	192
一、混凝土小型空心砌块墙施工	193
二、加气混凝土砌块墙施工	195
第六节 高层建筑脚手架施工	198
一、钢管扣件脚手架	198
二、门式组合脚手架	202
三、脚手架施工安全措施	207
四、脚手架设计与计算	208
复习思考题	220
练习题	220
<b>第七章 高层建筑施工测量</b>	<b>222</b>
第一节 高层建筑物定位放线	222
一、建立施工测量控制网	222
二、建筑物定位放线	223
三、高层建筑物定位测量允许偏差	224
第二节 高层建筑标高控制	225
一、地下结构标高控制	225
二、主体结构标高控制	225
三、高层建筑物标高抄测允许偏差	225
第三节 高层建筑轴线引测	226
一、吊线坠轴线引测	226

二、双站四点串镜法轴线引测·····	226
三、天顶法与天底法轴线引测·····	227
四、高层建筑物轴线引测允许偏差·····	228
第四节 高层建筑变形观测·····	229
一、建筑物沉降观测·····	229
二、建筑物的倾斜观测·····	231
三、建筑物的裂缝观测·····	233
四、建筑物变形观测技术资料·····	233
复习思考题·····	234
<b>第八章 高层建筑施工机具</b> ·····	235
第一节 高层建筑施工用塔式起重机·····	235
一、塔式起重机分类与性能·····	235
二、塔式起重机选择·····	240
三、塔式起重机基础·····	243
四、塔式起重机安装与拆卸·····	245
第二节 垂直升运机械·····	247
一、井架提升机·····	247
二、自升式快速提升机·····	251
第三节 泵送混凝土施工机械·····	252
一、混凝土搅拌运输车·····	252
二、混凝土泵·····	254
三、混凝土布料杆·····	257
第四节 施工电梯·····	259
一、施工电梯分类与构造·····	259
二、施工电梯技术性能与型号·····	260
三、施工电梯选择·····	261
第五节 高层建筑施工安全措施·····	262
一、塔式起重机·····	262
二、建筑施工电梯·····	262
三、混凝土泵送机械·····	263
复习思考题·····	263
<b>主要参考文献</b> ·····	265

# 第一章

## 概

## 述

高层建筑的兴建，解决了城市用地有限和人口密集的矛盾。频繁的国际交往和日益发展的旅游事业，更促进了高层建筑的发展。建筑领域内新结构、新材料和新工艺的创新，为现代高层建筑的发展提供了有利的条件，尤其是当前建筑智能工程日趋完善，为高层和超高层建筑的发展提供了科学的基础。高层建筑施工已成为建设领域研究的重要内容。

### 第一节 高层建筑的发展

#### 一、高层建筑的概念

##### (一) 高层建筑的定义

根据我国建设部《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)的规定，“高层建筑”一词适用于十层及十层以上或房屋高度超过28m的非抗震设计和抗震设防烈度为6~9度抗震设计的高层民用建筑结构。

我国《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95)中规定，“高层建筑”一词适用于十层及十层以上的居住建筑和建筑高度超过24m的公共建筑。

根据我国建设部《民用建筑设计通则》(JGJ 37—87)，明确了民用建筑层数的划分。

① 住宅建筑按层数划分：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。

对高层建筑进行统计时，很难做到逐栋公共建筑核实其建筑总高度是否超过 24m，而判明其是否为高层建筑，因此，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。

## （二）高层建筑的分类

1972 年国际高层建筑会议规定按建筑层数多少划分为四类。

第一类高层：9~16 层（最高到 50m）。

第二类高层：17~25 层（最高到 75m）。

第三类高层：26~40 层（最高到 100m）。

第四类高层：40 层以上（高度 100m 以上）。

## 二、高层建筑的特点

高层建筑并不是低层、多层建筑的简单叠加，在建筑、结构、防火、设备和施工上都有突出的特点和不同的要求，需要认真研究解决。

### （一）建筑特点与要求

① 由于建筑高度增加，电梯成为建筑内部主要的垂直交通工具，并利用它组织方便、安全、经济的公共交通系统，从而对高层建筑的平面布局 and 空间组合产生了重大影响。

② 需要在底层和不同的高度设置设备层，在楼层的顶部设电梯间和水箱间。建筑平面立面布置要满足高层防火规范的要求。

③ 由于高层建筑地下埋深嵌固的要求，一般要有一层至数层的地下室，作为设备层及车库、人防、辅助用房等。

④ 高层建筑主体是具有特定使用功能（居住、客房、办公、教室、病房等）的标准层，具有统一的层高、开间、进深和平面布局。

⑤ 由于高度、体型大，需要更好地处理建筑造型和外饰面。

⑥ 对不同使用功能的高层建筑需要解决各自的问题。例如，高层住宅需要解决好厨房排烟、垃圾处理、走廊布置、阳台防风、安全管理，以及住户信箱、公用电话、儿童游乐场所等问题；高层旅馆需要解决好接待、住宿、就餐、公共活动和后勤管理等内部功能关系等问题。

### （二）结构特点与要求

#### 1. 强度

低层、多层建筑的结构受力，主要考虑垂直荷载、包括结构自重和活荷载、雪荷载等。高层建筑的结构受力，除了要考虑垂直荷载作用外，还必须考虑由风力或地震力引起的水平荷载。垂直荷载使建筑物受压，其压力的大小与建筑物高度成正比，由墙和柱承受。受水平荷载作用的建筑物，可视为悬臂梁，水平力对建筑物主要产生弯矩，弯矩与房屋高度的平方成正比，如图 1-1 所示，即垂直压力  $N=WH$ 。

当水平荷载为倒三角形时，弯矩为

$$M = \frac{qH^2}{3}$$

当水平荷载均布时，弯矩为

$$M = \frac{qH^2}{2}$$

式中  $W$ ——垂直荷载；  
 $q$ ——水平荷载；  
 $H$ ——建筑物高度。

弯矩对结构产生拉力和压力，当建筑物超过一定的高度，由水平荷载产生的拉力就会超过由垂直荷载或地震力的作用，且建筑物处于周期性的受拉和受压状态。

对不对称及复杂体型的高层建筑还需要考虑结构的受扭。因此，高层建筑必须充分考虑结构的各种受力情况，保证结构有足够的强度。

### 2. 刚度

高层建筑要保证结构刚度和稳定性，控制结构水平位移。由于水平荷载产生的楼层水平位移，与建筑物高度的四次方成正比。

当水平荷载为倒三角形时，水平位移为

$$\Delta = \frac{11qH^4}{120EI}$$

当水平荷载为均布时，水平位移为

$$\Delta = \frac{qH^4}{8EI}$$

式中  $\Delta$ ——水平位移；

$E$ ——弹性模量；

$I$ ——截面惯性矩。

随着高度的增加，高层建筑的水平位移增大十分迅速。过大的水平位移会使人产生不舒服感，影响生活、工作；会使电梯轨道变形；会使填充墙或建筑装修开裂、剥落；会使主体结构出现裂缝；水平位移再进一步扩大，就会导致房屋的各个部件产生附加内力，引起整个房屋的严重破坏，甚至倒塌。必须控制水平位移，包括控制相邻两层的层间位移和全楼的顶点位移。建筑物层间相对位移与层高之比为  $\delta/h$ ，建筑物顶总水平位移与建筑物总高度之比为  $\Delta/H$ （图 1-2），根据不同的结构类型和不同的水平荷载，应控制在  $1/400 \sim 1/1200$ 。

### 3. 延性

有抗震设防要求的高层建筑还必须具有一定的延性，使结构在强震作用下，当某一部分进入屈服阶段后，还具有塑性变形能力，通过结构的塑性变形吸收地震力所产生的能量，使结构可维持一定的承载力，如图 1-3 所示。

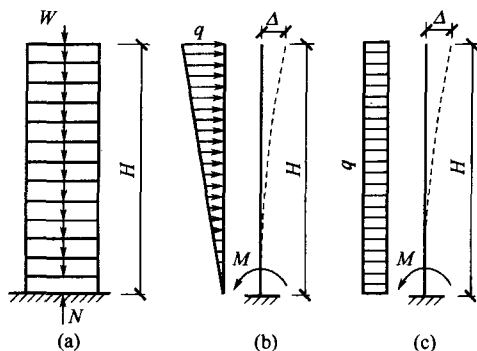


图 1-1 高层建筑的受力简图

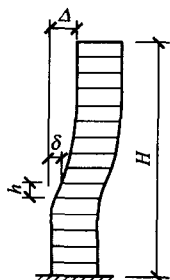


图 1-2 建筑物的水平位移

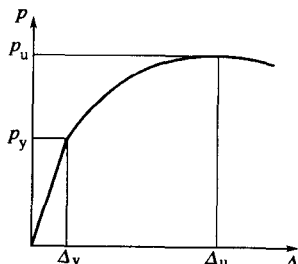


图 1-3 结构的延性

结构的延性用延性系数  $\mu$  来表达，一般采用最大荷载总的位移  $\Delta_u$  与屈服点位移  $\Delta_y$  的比值来表示，即  $\mu = \Delta_u / \Delta_y$ 。对一般钢筋混凝土结构，要求  $\mu$  值不小于 3~5。

#### 4. 耐久性

对高层建筑的耐久性要求较高，《民用建筑设计通则》(GJ 37—87) 第 1.0.4 条将建筑耐久年限分为四级，一级耐久年限为 100 年以上，适用于重要的建筑和高层建筑。

#### 5. 基础稳定性

由于高层建筑上部结构所承担的垂直荷载和水平荷载大，各种荷载最终要通过地下室和基础传递到地基。因此，对其基础选型和埋置深度与多层、低层建筑不同。一般根据上部荷载、结构类型、地基情况和施工条件的不同综合考虑，选用筏式基础、箱式基础、桩基础或复合基础等。

为了确保高层的稳定性和满足地基变形的要求，其基础要有一定的埋置深度，采用天然地基时不小于建筑高度的 1/12，采用桩基础时不小于建筑高度的 1/15，桩的长度不计在埋置深度内。

### (三) 防火特点与要求

高层建筑的功能复杂，设备繁多，人员集中，火灾因素多，而扑灭火灾及人员疏散的难度又大，因此，必须高度重视和解决防火问题，我国已颁布《高层民用建筑设计防火规范》(GBJ 45—82)，作为国家标准试行。关于建筑分类和耐火等级，总平面布局和平面布置，防火、防烟分区，安全疏散和消防电梯，消防给水和固定灭火装置等的具体设计要求，在上述规范中都有明文规定。

对于超高层建筑的防火，以消防队员可以依靠机械设备扑灭火灾为基本条件。对高度超过 100m 的超高层建筑，主要靠加强自身的消防能力，可采取的措施主要有如下几项。

① 每隔若干层（如 13~15 层）设避难层。采取开敞式排烟，以防火墙、防火门与其他部分相隔，为向上或向下疏散的人提供安全避难地点。

② 在全楼每个部位均设早期报警、早期灭火的装置，以提高建筑物早期自救能力。

③ 在屋顶设置直升飞机停机坪。

### (四) 设备特点与要求

#### 1. 给水、排水

(1) 给水系统 由于城市给水管网的供水压力一般不能满足要求，需要另行加压。

当建筑物超过一定高度后，还必须在垂直方向将全楼划分几个供水区，否则上层和下层都会产生问题，如下层给水压力过大，会引起喷溅现象，磨损严重，检修频繁，寿命缩短，增加管理和运营费用，必须采用耐高压管材及零件，上层的水龙头由于流速过大影响出水，还会产生负压抽吸现象，造成回流污染。

高层建筑人多，易燃物多，发生火灾概率大，楼高风大，火势极易蔓延，必须保证消防用水。

地震和沉陷对高层建筑影响较大，应避免给水管道的破坏。

高层建筑中给水系统一般分为生活给水系统（卫生间、厨房用水），消防给水系统（消火栓、自动喷水等用水），生产给水系统（空调冷凝水、锅炉房等用水）。

高层建筑的给水方式可分为三大类：高位水箱式（在每个给水分区的上部都设有水箱），气压水箱式（控制水泵间歇工作，保证管道保持一定水压），无水箱式（高压给水，水泵不停运行，保持管网恒压）。

(2) 热水供应系统 由热源、加热设备和热水管网组成热水管网系统。高层建筑热水供水宜采用有循环的下行上给水或上行下给水方式。

(3) 排水系统 高层建筑中,由于污水立管长,接入卫生器具多,部分立管可能被水充塞破坏了卫生器具中的水封,使臭气外泄,因此,高层建筑的排水系统必须设置通气管。

(4) 水泵间 水泵间有振动和噪声,尽可能设置在地下室或底层。每个水泵间至少有四台水泵,两台为生活用水泵,两台为消防水泵。设有集中热水系统时再另加热水泵。

## 2. 电气、机电设备

(1) 电源 高层建筑的电源,除常用电源外,还需备用电源。一些重要的高层建筑还可设置自备的发电设备以供急需。

(2) 电梯 按用途分,有客运、货运、客货两用、医用等品种。客运电梯按载客量有7~21人等数种,运行速度0.5~2.5m/s。货运电梯按载重量有0.5~5t几种,运行速度一般在0.5m/s。从安全可靠角度出发,每栋高层建筑至少要设置两台电梯,其中一台是消防电梯,平时兼作客梯使用,电梯机房和电梯井道是为电梯服务的土建结构。

(3) 防雷 对高层建筑物被雷击的或然率随建筑高度的平方根而递增,因此,高层建筑必须采取必要的防雷措施。

(4) 共用天线电视接收系统 电视广播的电磁波在穿过高层建筑物钢筋混凝土结构或钢结构时,其能量将大大减弱,产生屏蔽作用,影响收看效果。妥善的解决办法就是在屋顶上只安装一套共用天线,经过电视信号放大器、混合器、分配器、分支器等设备,直到各用户室内的终端天线插座,这即为共用天线电视接收系统。

(5) 电话 高层建筑对电话的要求按建筑物的不同使用要求而异。每层应设置电话分线箱,以便于住户逐步安装户内电话。高层旅馆、办公楼、医院等通常在楼内设置总机室与各客房、办公室等相连。

(6) 弱电系统 在现代化的高层建筑中,设置由微电脑组成的建筑智能工程,其中包括消防自报警和防排烟系统、电梯及自动扶梯控制系统、变配电及备用柴油机组控制系统、空调及通风控制系统、给水排水控制系统、采暖及电热锅炉控制系统、紧急电话系统,紧急广播系统、保安监视闭路电视系统、经营管理微机系统等。

## 3. 采暖、通风、空调

(1) 一般高层建筑 一般高层住宅和民用公共建筑在北方采暖地区应按规定设置暖气设备,并根据高层建筑特点,沿垂直方向将全楼分成几个采暖区。按照不同地区和条件,分别由城市热电厂、地区集中锅炉房或专用锅炉房供暖,以及采取其他供暖方式。

在南方非采暖地区,一般高层建筑要注意解决好围护结构隔热和自然通风问题。

(2) 高档高层建筑 对高级宾馆、高标准办公楼等高层,为了保持室内全年的舒适环境、减少室外温度、噪声、风速对室内环境的影响,需要设置空气调节系统,整座建筑物基本上形成一个封闭的空间。

## 三、高层建筑的兴起和发展

### (一) 高层建筑的兴起

我国古代建造的不少高塔,就属于高层建筑。例如,1400多年前,即公元523年建于河南登封县的嵩岳寺塔,10层,高40m,为砖砌单筒体结构;公元704年改建的西安大雁塔,7层,高64m;公元1055年建于河北定县的料敌塔,11层,高达82m,砖砌双筒体结构,更为罕见。此外,还有建于1056年,9层,高67m的山西应县木塔等。这些高塔皆为



砖砌或木制的筒体结构，外形为封闭的八边形或十二边形。这种形状有利于抗风和抗地震，也有较大的刚度，在结构体系上是很合理的。

同时，我国古代也出现了高层框架结构。例如，公元 984 年建于河北蓟县的独乐寺观音阁，即为高 22.5m 的木框架结构。其他如高 40m 的河北承德普宁寺的大乘阁等也为木框架结构。

我国这些现存的古代高层建筑，经受了几百年、甚至上千年的风雨侵蚀和地震的考验，至今基本完好，这充分显示了我国劳动人民的高度智慧和才能，也表明我国古代建筑师们对高层建筑就有较高的设计和施工水平。

在国外，古代也建有高层建筑，古罗马帝国的一些城市就曾用砖石承重结构建造了 10 层左右的建筑。公元 1100~1109 年，意大利的某城就建造了 41 座砖石承重的塔楼，其中有的高达 60m 和 98m。19 世纪前后，西欧一些城市还用砖石承重结构建造了高达 10 层左右的高层建筑。

古代的高层建筑，由于受当时技术经济条件的限制，不论是承重的砖墙或筒体结构，壁都很厚，使用空间小，建筑物越高，这个问题就越突出。例如，1891 年在美国芝加哥建造的麦纳德克大楼，为 16 层的砖结构，其底部的砖墙厚度竟达 1.8m。这种小空间的高层建筑不能适应人们生活和生产活动的需要。因而，采用高强度和轻质材料，发展各种大空间的抗风、抗震结构体系，就成为高层建筑结构发展的必然趋势。

## （二）高层建筑的发展

近代高层建筑是从 19 世纪以后逐渐发展起来的，这与采用钢铁结构作为承重结构有关。1801 年英国曼彻斯特棉纺厂（高 7 层），首先采用铸铁框架作为建筑物内部的承重骨架。1843 年美国长岛的里港灯塔，也采用了熟铁框架结构。这就为将钢铁用于承重结构开辟了一条途径。此后一段时间内所建造的 10 层左右的高层建筑，大多采用内部铁框架与外承重砖墙相结合的结构。1883 年美国芝加哥的 11 层保险公司大楼，首先采用由铸铁柱和钢梁组成的金属框架来承受全部荷重，外墙只是自承重，这已是近代高层建筑结构的萌芽了。

1889 年美国芝加哥的一幢 9 层大楼，首先采用钢框架结构。1903 年法国巴黎某公寓首先采用了钢筋混凝土结构。与此同时，美国辛辛纳提城一幢 16 层的大楼也采用了钢筋混凝土框架。此后，从 19 世纪 80 年代末至 20 世纪初，一些国家又兴建了一批高层建筑，使高层建筑出现了新的飞跃，不仅建筑物的高度一跃而为 20~50 层，而且在结构中采用了剪力墙和钢支撑，建筑物的使用空间显著扩大了。

19 世纪末至 20 世纪初是近代高层建筑发展的初始阶段，这一时期的高层建筑结构虽然有了很大的进步，但因受到建筑材料和设计理论等限制，一般结构的自重较大，而且结构类型也较单调，多为框架结构。

近代高层建筑的迅速发展，是从 20 世纪 50 年代开始的。由于轻质高强度材料的发展，新的设计理论和电子计算机的应用，以及新的施工机械和施工技术的涌现，都为大规模地、较经济地修建高层建筑提供了可能。同时，由于城市人口密度的猛增，地价昂贵，迫使建筑物向高空发展也成了客观上的需要。因而不少国家都大规模地建造高层建筑，到目前为止，在不少国家内，高层建筑几乎占了整个城市建筑面积的 30%~40%。

目前，美国的高层建筑数量最多，160m 以上的就有 100 多幢，世界上最高的建筑是 450m 高的马来西亚吉隆坡城市中心大厦，第二高是 109 层高达 445m 的美国芝加哥西尔斯