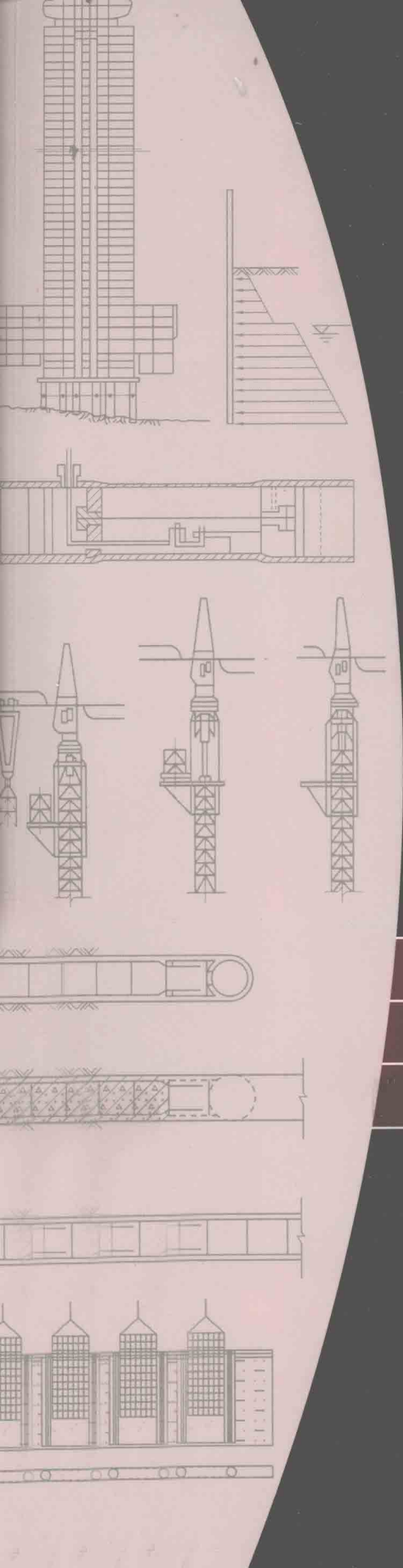




现代高层建筑施工

MODERN TALL BUILDING CONSTRUCTION

主编 杨 跃

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 11th Five-Year Plan

主审 刘宗仁



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

现代高层建筑施工

MODERN TALL BUILDING CONSTRUCTION

主 编 杨 跃

副主编 张智钧 唐炳全 徐 欣

许婷华 陈冬妮

主 审 刘宗仁

华中科技大学出版社

中国·武汉

前 言

随着 21 世纪国家建设对专业人才的需要,特别是 2008 年北京奥运会、2010 年上海世博会和广州亚运会的成功举办都说明我国急需大量的现代高层建筑施工的技术人员和管理人员。为了适应形势发展的需要,我们在大量的教学、科研和工程实践的基础上编写了本书。

本书共六章。系统讲述了高层建筑施工的基础知识、高层建筑基础工程施工、垂直运输设备、高层建筑施工脚手架、高层建筑混凝土结构施工和高层建筑施工管理。本书在全面系统地介绍现代高层建筑施工的基本知识、基本理论和决策方法的基础上,力求科学地反映现代高层建筑施工中的新理论、新方法和新工艺,培养学生掌握现代高层建筑施工技术和组织管理的能力,以及运用国家现行施工规范、规程和标准的能力,加强对现代高层建筑施工理论与应用的研究,以促进我国现代高层建筑施工技术的发展。

本书主要用于土木工程专业(建筑工程方向、岩土与地下工程方向和土木工程材料方向)、管理科学与工程专业(工程管理方向、信息管理与信息系统方向)本科生、专科生及相关专业教学用。也可作为相关岗位培训代用教材和土木工程施工技术人员的参考书。

本书是哈尔滨工业大学、扬州大学、南京工业大学、哈尔滨工程大学、青岛理工大学和哈尔滨学院共同合作的成果。具体的编写人员如下:杨跃(第 1 章、第 2 章的 2.1 节);唐炳全(第 2 章的 2.2 节);徐欣(第 2 章的 2.3 节、第 5 章的 5.4 节);张智钧(第 3 章、第 4 章);陈冬妮(第 5 章的 5.1~5.3 节);许婷华(第 6 章)。全书由主编杨跃统一修改和定稿,并特约哈尔滨工业大学刘宗仁教授主审。

由于编者的水平有限,加之时间仓促,错误之处在所难免,我们恳切地希望读者批评指正,并表示衷心的感谢。另外,本教材在编写过程中参考了有关文献和资料,谨此对文献、资料的作者和出版社致以深深的谢意。

编 者

2011 年 4 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 高层建筑的概念	(1)
1.2 高层建筑的发展	(5)
1.3 高层建筑主要施工新技术	(6)
【复习思考题】	(9)
2 高层建筑基础工程施工	(10)
2.1 基础结构与施工技术	(10)
2.2 建筑基坑支护与地下水控制	(13)
2.3 大体积混凝土施工	(133)
【复习思考题】	(153)
3 高层建筑垂直运输设备	(155)
3.1 塔式起重机	(155)
3.2 施工外用电梯	(169)
3.3 混凝土运输机械	(173)
3.4 高层建筑施工中垂直运输体系的选择	(181)
【复习思考题】	(183)
4 高层建筑施工脚手架	(184)
4.1 扣件式钢管脚手架	(184)
4.2 碗扣式钢管脚手架	(197)
4.3 门式钢管脚手架	(202)
4.4 液压升降整体脚手架	(207)
【复习思考题】	(212)
5 高层建筑混凝土结构施工	(213)
5.1 大模板施工	(213)
5.2 滑动模板施工	(228)
5.3 爬升模板施工	(243)
5.4 混凝土工程施工	(250)
【复习思考题】	(278)
6 高层建筑施工管理	(279)
6.1 施工管理	(279)
6.2 单位工程施工组织设计	(285)
6.3 网络计划的优化	(299)
6.4 施工技术管理	(302)
6.5 技术经济分析	(308)
【复习思考题】	(314)
有关国家施工规范、规程与规定	(315)
参考文献	(316)

1 绪 论

高层建筑是城市化和工业化发展的产物,随着建筑科学技术的不断进步,在建筑领域内出现了不少新结构、新材料和新工艺,这些又为现代高层建筑的发展提供了有利条件。尤其是计算机在建筑结构设计上的广泛应用,为高层和超高层建筑的发展,提供了科学的基础。同时,世界各国旅游事业的发展、商业的繁荣和国际交往的日益频繁,更促进了高层建筑的蓬勃发展。因此,高层建筑将成为国内外建筑设计施工的主要内容。

1.1 高层建筑的概念

1.1.1 高层建筑的定义

对于高层建筑,不同的国家和地区有不同的理解。目前,世界各国对于高层建筑及超高层建筑都没有固定的划分标准。联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会建议,可按高层建筑的层数和高度分为以下四类:

第一类:9~16层(最高到50 m);

第二类:17~25层(最高到75 m);

第三类:26~40层(最高到100 m);

第四类:40层以上(高度100 m以上,即超高层建筑)。

我国有关高层建筑的规定有以下内容。

行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》规定:适用于10层及10层以上的住宅建筑结构和房屋高度大于24 m的其他民用高层建筑结构。

国家标准《高层民用建筑设计防火规范》规定:10层及10层以上的住宅建筑和建筑高度超过24 m的其公共建筑为高层建筑。

住房和城乡建设部的《民用建筑设计通则》又进一步明确了民用建筑层数的划分标准如下:

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。

② 10层及10层以上的住宅建筑和建筑高度大于24 m的其他民用建筑(不含单层公共建筑)为高层建筑。

③ 建筑物高度超过100 m时,不论住宅或公共建筑均为超高层。

国外有关高层建筑的规定有以下内容:

美国:总高度在24.6 m以上或7层以上的建筑物为高层建筑。

英国:总高度在 24.3 m 以上的建筑物为高层建筑。

德国:总高度在 22 m 以上的建筑物为高层建筑。

法国:8 层及 8 层以上的住宅建筑物或高度在 31 m 以上的其他建筑物为高层建筑。

日本:总高度在 31 m 以上或 11 层以上的建筑物为高层建筑。

比利时:总高度在 25 m 以上的建筑物为高层建筑。

综上所述,本书将 10 层及 10 层以上的住宅建筑和房屋高度大于 24 m 的其他高层民用建筑定义为高层建筑。

1.1.2 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,它在建筑、结构、防火、设备和施工上都有其特有的特点和不同的要求,需要认真研究解决。

1. 建筑特点与要求

高层建筑的特点与要求如下。

① 由于建筑高度增加,电梯已成为高层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 高层建筑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、立面设计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。

2. 结构特点与要求

(1) 承载力

低层、多层的结构受力,主要考虑垂直荷载,包括结构自重和可变荷载、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,即

$$\text{垂直压力(图 1-1(a))} \quad N=WH \quad (1-1)$$

当水平荷载为倒三角形分布时(图 1-1(b)):

$$\text{弯矩} \quad M=\frac{1}{3}qH^2 \quad (1-2)$$

当水平荷载为均匀分布时(图 1-1(c)):

$$\text{弯矩} \quad M=\frac{1}{2}qH^2 \quad (1-3)$$

式中:W——垂直荷载;

q——水平荷载;

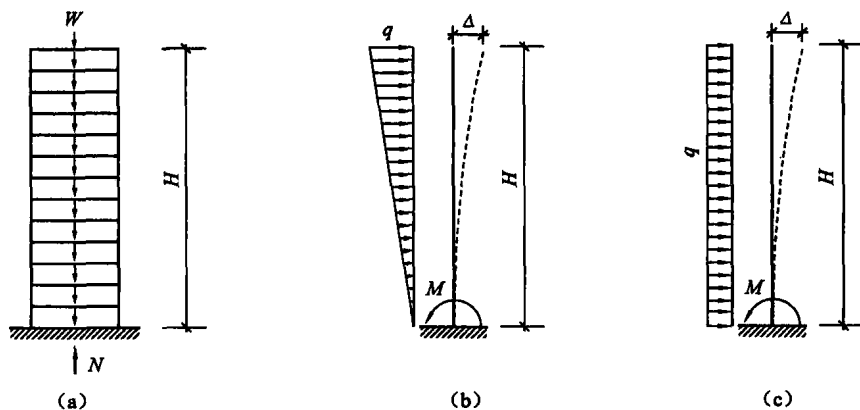


图 1-1 高层建筑的受力简图

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时,由于水平荷载产生的拉力就会超过由垂直荷载所产生的压力,建筑物的一侧就会由于风力或地震力的作用而处于周期性的受拉和受压状态。

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,保证结构有足够的承载力。

(2) 刚度

高层建筑不仅要保证结构的承载力,而且要保证结构的刚度和稳定性,控制结构的水平位移。而水平荷载产生的楼层水平位移 Δ ,与建筑物高度的 4 次方成正比(图 1-1),水平荷载的分布状况不同时,水平位移的计算方法也不同。

当水平荷载为倒三角分布时:

$$\Delta = \frac{11qH^4}{120EI} \quad (1-4)$$

当水平荷载为均布时:

$$\Delta = \frac{qH^4}{8FI} \quad (1-5)$$

式中: Δ ——水平位移;

E ——弹性模量;

I ——截面惯性矩。

由于高层建筑的水平位移增大较承载力增大更为迅速,过大的水平位移对人和建筑结构有以下影响:① 使人产生不适,影响生活、工作;② 会使电梯轨道变形;③ 会使填充墙或建筑物装修开裂、剥落;④ 会使主体结构出现裂缝;⑤ 如果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。因此,必须控制水平位移,包括相邻两层的层间位移和建筑物的顶点位移,如图 1-2 所示。对高层建筑的水平位移要求如下:

$$\frac{\delta}{h} \leq \frac{1}{400} \sim \frac{1}{1200} \quad (1-6)$$

$$\frac{\Delta}{H} \leq \frac{1}{400} \sim \frac{1}{1200} \quad (1-7)$$

式中: δ ——建筑物层间位移;

h ——建筑物层高;

Δ ——建筑物顶点位移;

H ——建筑物高度。

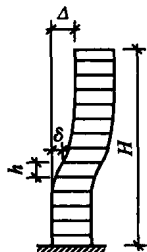


图 1-2 建筑物的水平位移

(3) 耐久性

高层建筑的耐久性要求较高,《民用建筑设计通则》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。

3. 施工特点与要求

(1) 工程量大、工序多、配合复杂

高层建筑的施工,土方、钢筋、模板、混凝土、砌筑、装修、设备管线量巨大。同时工序多,有土方、模板、钢筋、混凝土、砌筑、管线、电焊及设备安装等十多个专业工种交叉联合作业,组织配合十分复杂。

(2) 施工周期长、工期紧

根据住房和城乡建设部近年来的统计,高层建筑工期一般为 2~4 年,平均 2 年左右;结构工期一般为 5~10 d 一层,短则 3 d 一层,常常是两班或三班作业,工期长而紧,而且需要进行冬、雨期施工;为保证质量,应有特殊的施工技术措施,需要合理安排工序,才能缩短工期,减少费用。

(3) 基础深、基坑支护和地基处理复杂

高层建筑基础一般较深,大多有 1~4 层地下室,土方开挖、基坑支护、地基处理以及深基坑降水,技术复杂,它直接影响着工期和造价。

(4) 高处作业多,垂直运输量大

高层建筑高度一般为 45~80 m,超高层建筑一般高度为 100~300 m,最高的可达 600~800 m。高层建筑的高处作业多,垂直运输量大,施工中要解决好高空材料、制品、机具设备、人员的垂直运输,合理地选用各种垂直运输机械,妥善安排好材料、设备和施工人员的上下班及运输问题,以及用水、用电、通讯问题,甚至建筑垃圾的处理等问题,以提高功效。

(5) 结构装修、防水质量要求高,技术复杂

为了保证结构的耐久性,美化城市环境,对高层建筑主体结构和建筑物立面装饰标准要求高;基础和地下室墙面、厨房、卫生间的管道和防水都要求不出现任何漏水和渗水。特别是常采用大量的新技术、新工艺、新材料和新的机具设备及各种工艺体系,施工精度要求高,施工技术十分复杂。

(6) 平行流水、立体交叉作业多,机械化程度高

高层建筑标准层多,为了扩大施工面,加速工程进度,一般均采用多专业工种、

多工序平行流水立体交叉作业;为提高工效,大多采用机械化施工,比一般建筑施工配合复杂,需要解决好多工种、多工序的立体交叉配合及纵横向各方面关系问题,以保证施工有条理有节奏地进行。

1.2 高层建筑的发展

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。

我国古代建造的不少高塔,就属于高层建筑。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 41 m,为砖砌单层筒体结构。公元 1055 年建于河北定县的眺望塔,11 层、高 82 m,为砖砌双层筒体结构。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,有利于抗风和抗震,也有较大的刚度,在结构体系上是很合理的。

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、地震和火灾的考验,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对于高层建筑已具有较高的设计和施工水平。

金字塔代表了世界古代高层建筑建造技术的杰出成就。古埃及所有金字塔中最大的一座,是第四王朝法老胡夫的金字塔。这座大金字塔底面呈正方形,每边长 230 m,原高 146.5 m。在 1889 年巴黎埃菲尔铁塔建成以前,它一直是世界上最高的建筑物。胡夫金字塔除了以其规模巨大而令人惊叹以外,还以其高超的建筑技艺而著名。塔身的石块之间,没有任何水泥之类的黏着物,而是一块石头叠在另一块石头上面的。每块石头都磨得很平,以至于时至今日,再锋利的刀刃也无法插入石块之间,所以能历数千年而不倒,这不能不说是建筑史上的奇迹。

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,亦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。第一台电梯于 1851 年用于纽约第五大道中的一家旅馆中。作为近代高层建筑起点的标志是 1883 年在芝加哥建造的家庭保险公司大楼,11 层、高 55 m,采用铁框架,部分钢梁和砖石自承重外墙。1891 年在芝加哥建造的共济会神殿大楼,20 层、92 m 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,16 层,是最早的钢筋混凝土框架高层建筑。

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改进,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,而且结构形式也较单调,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。由于轻质高强材料的发展和应用,新的设计理论和高性能计算机的应用,以及新的施工机械和施工技术的涌现,都为大规模、较经济地建造高层和超高层建筑提供了条件。

我国近代高层建筑起源于上海。抗日战争前,上海已建成 10 层以上高层建筑约 35 栋,其中 1934 年建成的国际饭店(24 层、高 82.5 m),不仅是解放前国内最高的建筑,也是当时远东最高的建筑。中华人民共和国成立后,20 世纪 50 年代我国开始自行设计建造高层建筑,如北京的民族饭店(14 层)、民航大楼(16 层)等。1968 年,广州宾馆建成,主楼 27 层,高 86.51 m,在楼层数和高度两方面全面超过上海国际饭店,一举成为我国第一高楼;1976 年,广州白云宾馆建成,主楼 33 层,高 115 m,标志着我国自行设计建造的高层建筑高度开始突破 100 m,进入超高层建筑发展阶段。20 世纪 80 年代我国高层建筑发展进入兴盛时期。1985 年建成的深圳国际贸易中心(50 层、160 m 高)是 20 世纪 80 年代最高的建筑。1990 年建成的北京京广中心(57 层、208 m 高)是我国首栋突破 200 m 高度的超高层建筑。1996 年深圳地王大厦(81 层、325 m 高)和广州中天广场(现中信广场,80 层、322 m 高)相继建成和封顶。特别是 1998 年 88 层、420 m 高的上海金茂大厦的建成使我国超高层建筑施工技术跨入世界先进行列。

目前,世界上最高的建筑是 169 层、高 828 m 的迪拜哈利法塔;第二高楼是 101 层、高 508 m 的台北国际金融中心,它拥有世界最大、最重,且唯一可供参观的风阻尼器;第三高楼是 101 层、492 m 的上海环球金融中心;第四高楼是 88 层、452 m 的吉隆坡石油大厦。另外,高 445 m 的芝加哥希尔斯大厦,高 420 m 的上海金茂大厦,以及已经消失的 110 层、高度为 411 m 的纽约世界贸易中心双塔大厦,都是闻名于世的超高层建筑。

人们对于高层和超高层建筑进一步发展的愿望从来没有停止过。就在世界最高建筑迪拜哈利法塔还在人们的惊叹声中熠熠生辉之时,不远处的沙特麦加,有一座超高层建筑也将揭开它壮丽的面纱。总高度 817 m 的麦加“钟楼”建成后将成为世界第二高的建筑,它的高度是伦敦大本钟的 6 倍。另外,2008 年上海中心大厦正式开工,总高度达 632 m,建成后将成为我国第一高楼。2008 年动工的日本“新东京塔”是由日本知名设计师安腾忠雄和雕刻家澄川喜一联袂设计,设计塔高为 610 m,预计 2011 年完工。还有,芝加哥将建全美最高建筑,大厦被称为“芝加哥螺旋塔”,高约 610 m。随着一幢幢超高层建筑的拔地而起,预示着高层和超高层建筑发展的美好前景。

1.3 高层建筑主要施工新技术

高层建筑的发展,为施工技术的进步提供了广阔的天地,而施工技术的进步,又是确保高层建筑能够顺利发展的重要条件。随着建筑工业化的发展,机械化、工厂化施工水平不断提高,已经逐步改革了传统的旧工艺,从而改善了劳动条件,提高了劳动效率,加快了建设速度。高层建筑施工技术在迅速发展,在未来的一段时间内将持续保持这种趋势,更多先进的技术将运用到工程实践中。下面介绍在高层建筑

施工中应用的一些新技术。

1.3.1 高层建筑工程测量技术

测量是高层建筑施工前期一个非常重要的环节,测量结果必须十分精确。现在很多先进的仪器都已应用到实践,例如:全站仪、GPS 接收机、自动安平水准仪、激光铅垂仪、经纬仪等。

施工测量是保证高层建筑工程质量的第一步,因此,在施测的过程中必须有自检、有复核,只有确定以前的工作都正确,才能进行下一步的测量;测量控制点应注意保护,在控制点周围砌一圈矮墙以保护控制点,控制点不允许车压及人为的损坏,场区首级测量控制点是整个施工测量的依据,必须确保其稳定性;每次测量前应先检查控制点的可靠性;材料堆放时应避开施工控制线及控制点,给施工测量一定的操作空间;测量人员在临边工作时,应有可靠的安全防护设施,手持塔尺等金属工具应有防触电警示标记。

1.3.2 高层建筑基础工程技术

高层建筑的基坑大都比较深,在支护、降水、土方开挖方面难度较大。近年来,深基坑施工技术有了很大的发展。

从深基坑支护施工方面看,由于深基坑工程的增多,支护结构技术发展很快,多采用钢板桩、灌注桩、土层锚杆、地下连续墙和逆筑法,深层搅拌水泥土桩等技术。施工工艺也有很大的改进,支撑方式有传统的内部钢管支撑,也有坑外用土锚拉固。内部支撑也有多种,有十字交叉支撑、环状支撑、采用中心岛式开挖的斜撑等,近几年又出现了钢筋混凝土的角撑。另外,土锚的钻孔、灌浆、预应力张拉工艺也有很大提高。

从深基坑降水方面来看,当地下水位较高,影响施工的顺利进行时,就应当采用降低地下水位的方法。传统的降水方法是集水明排。现在,在深基坑施工降低地下水位方面,已能利用真空井点、喷射井点、深井井点和电渗井点等技术进行深层降水,还试点采用了冻结法。另外,在预防降水而引起附近地面沉降方面也有一些有效措施。

从深基坑土方开挖方面看,在高层建筑施工中,多为深基坑土方开挖。常用的土方开挖是分层开挖法或分段分层法。当开挖较深基坑土方时,应采用中心岛开挖法或盆式开挖法,这是阻止基底反弹、防止高层建筑物下沉的有效措施。

从基础施工方面看,在基础工程方面,多采用桩基、筏形基础、箱形基础、桩基与筏形基础(或箱形基础)的复合基础。这些基础大多为大体积混凝土,为了减少或避免产生温度裂缝,各地都采用了一些有效的措施,在测温技术和信息化施工方面也积累了不少经验。为了提高桩基的承载能力,已逐步由小直径向大直径发展,并采用了桩端压力注浆方法,对孔底虚土起到渗透、填充、压实、固结和加强附近土层的

作用。另外,随着钻孔灌注桩的发展,目前水下钻孔和混凝土灌注以及扩孔等技术均有新的突破。

1.3.3 高层建筑模板工程技术

高层建筑施工有赖于先进的模板工程技术,同时高层建筑的发展又极大地促进了模板工程技术的进步。目前模板工程技术呈现出百花齐放、丰富多彩的发展局面,液压滑动模板工程技术、液压自动爬升模板工程技术、整体提升钢平台模板工程技术和电动整体提升脚手架模板工程技术,它们已经成为高层建筑结构施工主流模板工程技术。

液压滑动模板工程技术的特点是模板一经组装完成即可连续施工,因此适用于建筑体型规则且变化不大、收分不显著的钢筋混凝土剪力墙及筒体结构。

液压自动爬升模板工程技术的特点是模块化配置,外附于剪力墙,收分方便,因此体型和立面适应性强,特别是材料设备周转利用率高,不像液压滑动模板工程技术和整体提升钢平台模板工程技术需要将大量的支撑结构埋入剪力墙中,故在超高层建筑中优势非常明显。

整体提升钢平台模板工程技术的特点是系统整体强,荷载由支撑系统承担,因此施工作业条件好,提升不受混凝土强度控制,施工速度快,特别适合工期要求非常高的超高层建筑施工,在我国许多标志性超高层建筑施工中发挥了重要作用。

电动整体提升脚手架模板工程技术的特点是灵活性强、标准化程度高、体型和立面适应性强、成本低廉,因此成为我国应用最广的高层建筑模板工程技术。

1.3.4 高层建筑混凝土施工技术

混凝土材料,被认为是耐久性最好的传统建筑材料,为适应社会发展的需要,其内涵如同现代科学技术一样,也发生着日新月异的变化。不论是原材料、配合比设计技术,还是混凝土生产、运输和混凝土质量控制技术,都发生着深刻的变化。尤其是它的性能为适应现代化施工需要的拌和物性能,在严酷条件下的耐久性以及它的各种物理力学性能,都达到了一个新水平。

我国将强度等级等于和超过 C60 的混凝土称为高强混凝土。我国要求在大中城市特别是在高层建筑中普及 C50、C55、C60 级的工程应用;扩大 C70、C80 级的工程试点;开发配制 C100 级高强混凝土,并应用于试点工程。开发配制高强混凝土的主要手段是在常规水泥、砂石的基础上,依靠化学外加剂和矿物掺和料,以降低混凝土用水量和改善微观结构,使混凝土更加密实并获得高强度。

高性能混凝土是以耐久性为基本要求,具有高工作度(流态、可泵)、高体积稳定性、高抗渗性,并可根据不同用途强化某些性能的混凝土,如自密实免振捣混凝土、补偿收缩混凝土等。高性能混凝土基本不泌水,浇筑成型后应立即覆盖塑料薄膜或喷刷表面化学养护剂,加强早期养护,防止失水造成表面开裂。深圳赛格广场钢管

混凝土应用了高抛免振捣自密实混凝土,从 11.1 m 高度直接泵送 C60 大坍落度(平均 277 mm)抗离析混凝土,强度达到 80 MPa。

1.3.5 高层建筑钢筋及钢结构连接技术

钢筋连接是高层建筑工程中一项量大面广的重要施工技术,它直接影响工程结构的安全、质量、速度和效益。我国钢筋连接技术发展迅速,推广普及了电渣压力焊接、套筒冷挤压连接和锥螺纹、直螺纹连接等新技术,对节约钢材、降低成本、提高建筑工程质量、加快施工速度起到了很好的作用。全国每年需要用数亿个钢筋接头,其经济和社会效益均十分显著。住房和城乡建设部早就将该技术列入建筑业推广应用 10 项新技术项目,且其技术内涵还在不断发展和完善。近年来,又有不少新型钢筋连接技术正在开发研制或进入市场。

钢结构的连接技术是钢结构技术的最基本、最主要的技术之一。钢结构连接技术的任何创新都导致钢结构技术的相应发展,可以说连接技术的发展史就是钢结构技术发展史的主线。钢结构连接包含的范围很多,主要有螺栓连接、铆钉连接、高强度螺栓连接、销钉连接、自攻钉连接、焊接及栓焊连接等。

焊接是钢结构制品、安装的一项最重要的技术,在重型钢结构建筑中 70% 以上的构件制造和安装连接是通过焊接来实现的,因此焊接技术直接影响钢结构工程的质量和生产效率,发展应用现代焊接技术是钢结构应用于建筑工程中的一项关键技术。2008 年北京奥运会主赛场,国家体育馆(鸟巢)就是采用焊接连接的一个典型工程。

1.3.6 高层建筑现代科学技术的应用

目前,在高层建筑施工中运用现代科学技术已日趋广泛。例如,采用激光技术作为导向进行对中和测量,使施工的精确度得以提高;采用计算机编制施工网络进度计划,使数据的输入和修改、时间参数的计算、关键线路的确定更方便,利用相关的软件,能迅速完成清晰完整的网络图;在钢结构施工中,应用磁粉探伤(MT)、渗透探伤(PT)和超声波探伤(UT)等无损检测技术检验其焊接质量,已取得成功。

【复习思考题】

1. 高层建筑及超高层建筑是如何定义的? 高层建筑有哪些特点?
2. 高层建筑有哪些优越性?
3. 高层建筑施工有哪些特点?
4. 目前高层建筑施工中主要新技术有哪些?

2 高层建筑基础工程施工

高层建筑对地基基础的稳定性和坚固性要求很高。高层建筑随着高度的增加和地下空间的开发利用,基础埋深越来越大,施工复杂性日益突出。另外,基础施工方案的选择是否合理,对高层建筑基础的质量、造价和工期影响很大。

高层建筑基础工程施工包括建筑基坑支护、地下水控制、深基坑土方开挖、基础工程施工和大体积混凝土施工等。

2.1 基础结构与施工技术

2.1.1 基础工程的特点

高层建筑层数多、建筑高、荷载重、面积大、造型复杂,主楼与裙房高低悬殊,在结构上要求埋置一定深度,在使用上要求设置多层地下室,这些高层建筑的特点结合各地不同的水文地质条件,构成了高层建筑基础的特殊性。高层建筑基础的特殊性主要有以下几点。

1. 基础必须能提供较大的竖向和水平承载力

高层建筑的重量随其层数的增加而增加,基础的竖向荷载大而集中。同时,风荷载和地震作用引起的倾覆力矩成倍增长。因此高层建筑要求其基础结构必须能承受较大的竖向和水平荷载,确保建筑物在风荷载和地震作用下具有足够的稳定性,并使建筑物的沉降和倾斜控制在允许的范围内。

2. 基础埋深大,基础工程施工复杂

为满足高层建筑稳定性和利用地下空间的要求,基础结构埋深大,因而开挖深度大,带来了许多复杂的基础工程施工问题。如深基坑支护、地下水控制、土方开挖、大体积混凝土基础施工等。

3. 施工环境效应问题多

高层建筑常建于城市建筑物和人口密集处,打桩和深基坑施工对周围环境影响大。打桩会产生挤土效应,打桩的噪声和振动影响居民的生产、工作、学习和安居,深基坑开挖和降水会危及邻近建筑物、道路和地下管线的安全,必须采取经济合理而有效的环保措施。

4. 基础结构大体积混凝土施工难度大

大体积混凝土施工养护期间和后期可能产生的温度裂缝、收缩裂缝必须进行预防和控制。如果措施不力产生过多裂缝,将危及基础结构的正常使用和工程寿命,

或影响其抗渗、抗侵蚀性能而成为不可补救的缺陷。

总之,高层建筑基础的合理设计与施工不仅关系到高层建筑自身的安全和寿命,而且关系到周围环境的安全,其造价和工期对总造价和总工期有举足轻重的影响。

2.1.2 基础类型与施工方案的选择

高层建筑基础类型的选择是一个既复杂又重要的问题。它所涉及的因素很多,如地基条件、结构体系、荷载分布、使用要求、施工条件和经济性能等。

1. 高层建筑基础类型

目前,高层建筑采用的基础类型主要有筏形基础、箱形基础、桩基础及桩-筏基础、桩-箱基础等。

(1) 筏形基础

所谓筏形基础是指柱下或墙下连续的平板式或梁板式钢筋混凝土基础。筏形基础又称筏板基础,可分为平板式和梁板式两种类型,应根据地基土质、上部结构体系、柱距、荷载大小以及施工等条件确定。由于筏形基础整体性好,基础形状简单,不需要大量模板,施工较方便,如图 2-1(a)所示。它是目前国内外常用的高层建筑基础类型,如哈尔滨金融大厦采用的就是筏形基础。

(2) 箱形基础

箱形基础是指由底板、顶板、侧墙及一定数量内隔墙构成的整体刚度较好的单层或多层钢筋混凝土基础,简称箱基,如图 2-1(b)所示。这种基础的刚度大、整体性好,并可利用箱形基础的空间作为人防、地下车库、文化活动场所及设备层等。箱形基础适用于在软土或不均匀地基上建造带有地下室的高层和超高层建筑。如北京国际大厦、沈阳中山大厦、兰州工贸大厦、成都蜀都大厦、郑州和平大厦等高层建筑都是采用箱形基础。

(3) 桩基础

所谓桩基础是指由设置于岩土中的桩和桩顶连接的承台共同组成的基础或由桩直接连接的单桩基础,如图 2-1(c)所示。桩基具有承载力高,沉降小而均匀,能承

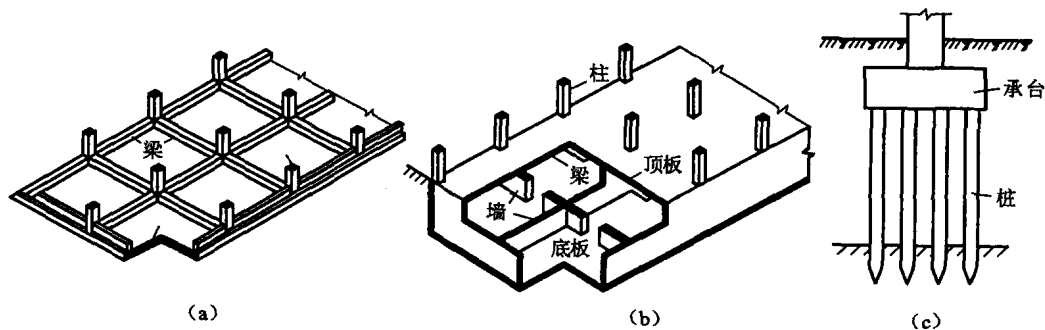


图 2-1 基础类型

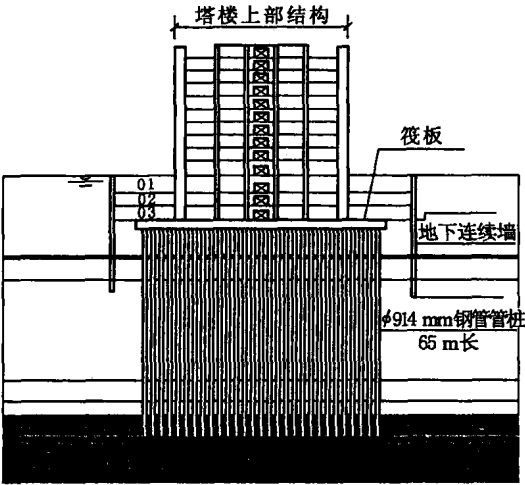
(a) 筏形基础; (b) 箱形基础; (c) 桩基础

受垂直荷载、水平荷载、上拔力及由机器产生的振动或动力作用,施工比较简便,没有繁多的土方工程等特点。几乎可以适用于各种地质条件和各种类型的工程,尤其是适用于较软弱地基的高层建筑。

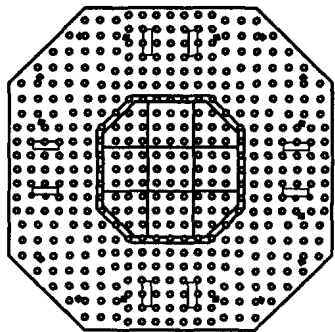
目前高层建筑采用的桩基形式主要有混凝土灌注桩、预应力混凝土管桩和钢管桩。如上海金茂大厦就是采用的桩基。

(4) 桩-筏基础和桩-箱基础

所谓桩-筏基础(或桩-箱基础)是指在桩基上做筏基(或箱基),又称复合基础,如图 2-2、图 2-3 所示。由于它可以通过桩基将荷载传递至地基深处,不但具有整体刚度大,结构体系适应性强的特点,而且改变了过去认为地震区软弱地基难以建高层建筑的观念,因此在高层建筑工程中应用非常广泛。如台北 101 大厦、香港国际金融中心二期、吉隆坡石油大厦的基础为桩-筏基础,而天津国际大厦为桩-箱基础。



基础剖面图



基础平面图

图 2-2 桩-筏基础

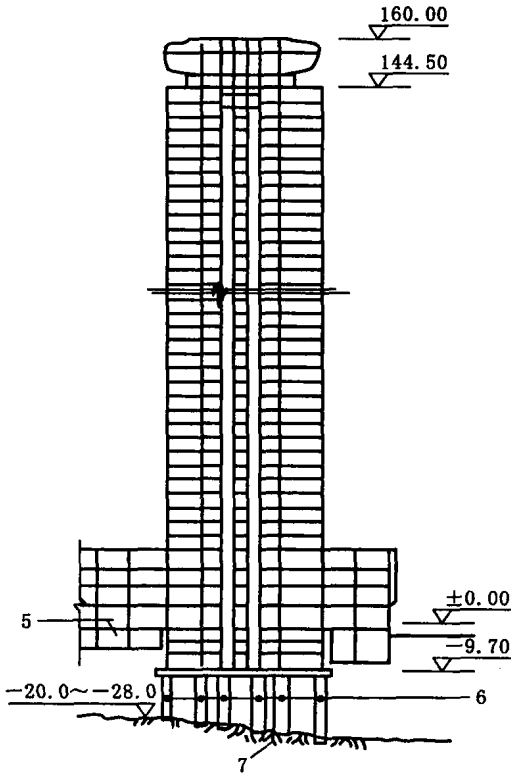


图 2-3 桩-箱基础

近年来,为应对高层建筑发展对基础承载力的要求,人们致力于发展承载力更大的新型基础,如壁式桩基和沉箱桩基等。可以确信,随着科学技术的进步和高层建筑荷载的增大,高层建筑的基础类型也会进一步发展和完善。

2. 施工方案选择

高层建筑基础的类型和施工方案的选择二者有着密切的关系,因此必须做好施工与设计的有机结合,选定几个施工方案,通过讨论、试验和论证比较,择优选定。

(1) 基础选型的要求

基础应选择安全、稳定、经济合理的类型,因此要综合考虑以下几点。

- ① 建筑物结构类型、平面布局、荷载大小及分布。
- ② 拟建场地的地质条件、水文情况和是否为地震区或强风区。
- ③ 工程的重要性及施工工期要求。
- ④ 主楼与裙房的差异沉降,需做处理方案。
- ⑤ 基坑埋置深度必须满足地基变形和稳定要求,以减小建筑物整体倾斜。
- ⑥ 技术经济效果比较。

(2) 基础施工方案的选择

高层建筑基础施工方案的选择,要根据基础形式、基础埋深、水文地质和周围环境而定,并通过技术经济比较,选择最优方案。主要考虑以下几点。

- ① 当基础工程周围无建筑物,且深度较浅又有足够场地时,可采用放坡开挖。
- ② 当基础较深,且周围无足够场地又不允许放坡开挖时,则应选用切实可行的挡土和支护措施。
- ③ 当地下水位较高时,应根据地下水位情况,采取适当的降水措施,保证基础的正常施工。
- ④ 桩基施工时,可根据桩的形式选用合适的施工工艺及相应的施工机械,应尽量克服振动和噪声大的问题。

⑤ 高层建筑采用筏形基础或箱形基础,往往都有较厚的钢筋混凝土底板,均属于大体积混凝土范畴。因此,在确定施工方案时应采取有效的措施控制温度应力和收缩裂缝,以保证工程质量。

综上所述,在高层建筑的基础工程施工中,技术开发的潜力仍然很大,不仅已有的技术需要进一步完善,而且还有不少新的领域和课题有待开发。此外,由国外引进的技术和设备,也有待进一步消化和创新。

2.2 建筑基坑支护与地下水控制

2.2.1 基坑工程一般规定

为进行建筑物(包括构筑物)基础与地下室的施工所开挖的地面以下空间称为