


ShangHai

JieGouShiGong

结构 施工

上海
高层超高层建筑
设计与施工

上海市建设和管理委员会科学技术委员会■编
上海科学普及出版社



上海高层超高层建筑设计施工

结 构 施 工



上海市建设和管理委员会科学技术委员会 编

上海科学普及出版社

图书在版编目(CIP)数据

上海高层超高层建筑设计 & 施工, 结构施工 / 上海市建设和管理
委员会科学技术委员会编. - 上海: 上海科学普及出版社, 2003.9
ISBN 7-5427-2474-6

I. 上... II. 上... III. 高层建筑-结构施工-上海市 IV. TU97

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 069400 号

责任编辑 陈爱梅

特约编辑 钟海谷

上海高层超高层建筑设计 & 施工

结 构 施 工

上海市建设和管理委员会科学技术委员会 编

上海科学普及出版社出版发行

(上海中山北路 832 号 邮政编码 200070)

各地新华书店经销 上海江杨印刷厂印刷

开本 889x1194 1/16 印张 39.5 插页 1 字数 1040 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-5427-2474-6/TU-38

定价: 200.00 元

内 容 介 绍

《上海高层超高层建筑设计施工》丛书是20世纪《上海80年代高层建设设计与施工》丛书的继续,是将上海20世纪90年代又一个10年内上海高层超高层建筑设计施工技术创新所取得的进步和经验科学地加以归纳、总结、出版。该丛书分为4册:《建筑设计》、《结构设计》、《结构施工》、《设备设计与安装》。

《结构施工》一书分别介绍了金茂大厦、恒隆广场、明天广场等47幢具有代表性的综合楼、商务楼、宾馆、文教卫生、住宅等上海高层超高层建筑的结构施工先进技术。

《结构施工》一书围绕金茂大厦、恒隆广场、明天广场等47幢项目主体结构施工工艺、施工技术,着重写出各分项工程施工过程中的技术进步和技术创新措施、成果和经验。

丛书图文并茂,内容丰富,集技术性、专业性、资料性、实用性于一体。可供设计、施工、科研及大专院校等单位从业人员参考借鉴。

■ 编委名单

上海高层超高层建筑设计施工 结构施工

顾问：张惠民 熊建平 黄健之 徐君伦

主编：沈 恭 叶可明

常务副主编：吴君侯

副主编：钱 培 范庆国 张福余 姜加平

编辑委员会：（按姓氏笔画为序）

王允恭 王正平 王远生 王有江 马善富
叶可明 朱人畏 朱海根 朱 俊 沈 恭
沈维忠 杨月林 杨国纯 何传奎 吴君侯
陆绍机 陈韵兴 陈建庭 张福余 周之峰
周申一 罗世威 居世钰 郑巨超 范庆国
姜加平 胡玉银 胡企才 钱 培 徐伯昌
钱忠信 龚 剑 曹鸿新

编辑部：朱 俊 陈建庭 陈传玉

序

沈 恭

《上海高层超高层建筑设计施工》丛书的《结构施工》分册出版了。时间过得很快，在本书出版问世之际，使我不禁回忆起10年前的同一情景。那是1993年12月，当时，《上海八十年代高层建筑结构施工》一书出版了。该书归纳总结了20世纪80年代上海高层建筑主体结构的施工技术，介绍了数十项有代表性项目施工的全过程，达到了总结、交流和提高的目的。该书的出版也给在上海从事建筑施工的企业提供了一个学习的机会，使他们从书本里汲取了所需的技术，掌握了高层建筑施工技术的诀窍，从而更有把握地进入竞争中的建筑市场。

在《上海八十年代高层建筑设计施工》丛书出版后，我们已着手了新的规划。因为我们已经看到，20世纪90年代的上海高层建筑无论在建筑、结构、施工和设备各个领域，新的设计理念、新的结构体系、新的施工工法、新的设备系统已出现了。我们应该再努力一把，继承已有工作的传统，提出新的目标，要编撰能反映新十年高层建筑设计 and 施工概要的又一套系列丛书。

编撰新丛书中的施工分册，意图是要继承《上海八十年代高层建筑结构施工》一书的思路，把上海高层建筑施工技术的发展和提高记录好，使读者能从中学到新经验，用于施工实践，要为在上海从事高层施工的工程技术人员提供一个机会，使他们在工程结束后能静下心来回顾总结一下取得的成果，然后我们可以把个别的成果集中起来广为交流，从而使施工技术提高到新高度。

本书的编委们为了达到这个目标，不辞辛劳，从定项目、定提纲、定作者、审稿件，一环紧扣一环，终于使本书成形。本书的作者们均是施工第一线的参与者和组织者，他们在百忙中挤出时间来写作，真是很不简单。而丛书的编辑部更是忙得喘不过气来，几位同志要同时承担起几本著作的编撰，他们要一个个单位联络，一篇篇稿件修改收编，最终要能达到全书能付印，这些情景不时在我脑海中浮现。

辛勤的劳动，终于使我们看到了丰收的果实，在本书出版以前，丛书中的《建筑设计》分册已较早和广大读者见面了，而本书出版的同时，《结构设计》分册也可以出版了，留给我们的《设备设计与安装》分册了，我们将为它而努力。

出版一套丛书是一件难事，但是也是一件极有意义的益事。如果读者们能从本书中汲取到点滴有益的内容而运用到工程实践中去，那我们的目的也就达到了。

综述

叶可明

一、高层建筑施工技术发展回眸

上海是世界上高层建筑发展最早的城市之一,1903年建造的汇中饭店(现和平饭店南楼)就是当时世界上为数不多、亚洲第一的有电梯的高层建筑。

上海高层建筑历经一个多世纪的发展,大致可分为两个阶段:从20世纪初到20世纪30年代末是第一个发展高潮。其时上海商业发达、人口激增、地价昂贵,促使上海黄浦江西岸与市中心建立起一大批高层建筑,其中上海大厦、锦江饭店、和平饭店、国际饭店成为中国与远东知名的高层建筑。著名的外滩高层建筑群到今天还是上海的城市标志。大规模的工程实践推动了施工技术水平的提高。当时上海的钢结构技术、钢筋混凝土结构技术都已实用化,在部分垂直运输与打桩技术上也已实现半机械化,高层建筑施工技术在整体上处于先进水平。其后由于战乱和其他种种原因,高层建筑在上海停滞了近半个世纪。

改革开放使上海高层建筑迎来了新的发展高潮,不到20年间,上海黄浦江两岸崛起近4000多幢高层建筑,其中以金茂大厦为代表的--大批高层新建筑群,形成了上海新的天际线。建设促进了科技进步,上海的高层建筑施工技术已步入了世界先进行列,这是上海高层建筑发展历史上的第二个阶段。近20年的建设实践,使上海高层建筑的施工技术和管埋,无论在建筑功能的广泛性、结构类型的多样性、在软土地基上建造高层建筑的特殊性,以及在场地狭小、工期紧急、新开工程之间与原有工程之间的影响与矛盾等许多方面,都面临着新的挑战。但是,上海的施工队伍以科研先行,攻关破难、不断探索、努力实践,终于实现了高层建筑施工的高速、优质、低价建

造,不仅适应了形势的需要,还积累了宝贵的经验,这是上海高层建筑施工技术发展史上辉煌的篇章,是值得记录与必须记录的。本书选编了近20年来有代表性的高层建筑施工实例47个,基本上涵盖了各种类型高层建筑施工科研与实践的成果。为便于有一个简要而全面的了解,下面对上海近期高层建筑主要施工技术作一些简要综述。

二、上海高层建筑基本施工技术

2.1 地基与基础施工

上海地区的土质属于长江三角洲冲积层,基本上是饱和的软粘土层,部分夹砂薄层,水位在地表下1m以内,浅层土承载力一般在 100kN/m^2 以内。因此,天然地基不能用作高层建筑基础地基,一般情况下都必须做人工地基。上海高层建筑基坑开挖不能没有降水与挡土措施,所以,高层建筑基础施工必须要解决好人工地基、降水、挡土三个问题,并且要关心与保护基坑周围环境安全。下面分别说明其当前的适用技术:

2.1.1 人工地基

上海的人工地基基本上都是桩基,日前桩种很多,主要桩种及其适用范围如下:

(1) 钢筋混凝土预制实心桩。一般为 $0.4\sim 0.5\text{m}$ 见方,长 $20\sim 50\text{m}$,锤击打入,少数压入,这种桩的一般承载力为 $500\sim 1500\text{kN}$ 。这种桩挤土很大,密集桩群入土会引起土体大量隆起,对周围环境造成影响,所以比较适用于近郊空地施工,而且要控制速度。

(2) 预应力钢筋混凝土管桩。圆形、 $\phi 400\sim 500\text{mm}$ 及更大,深度以 10m 一节为模数,承载力与同周长方桩相近,由于空心、开口,稍减少挤土,但基本上还是属较大挤土的桩,同样适用于近郊空地施工。

(3) 钻打结合桩。性质与上述两种桩一样,但在打桩之前先钻孔取土,钻孔直径略小于桩截面折算直径,深5~10m。钻打结合桩可以大大减少对表层的挤动,减少对环境的影响,是一项打桩改进措施。

(4) 钢管桩。上海超高层建筑较多采用这种桩。由于钢管开口打入,土体在钢管中上升,高达1/2桩长以上,大大减少挤土。 $\phi 609\text{mm}\times 11\text{mm}$ 、深60m的桩其安全承载能力约2000~2500kN。当然在打桩时,挤土与震动还是存在的,如在市中心打设钢管桩还是有影响环境的问题。金茂大厦 $\phi 900\text{mm}$ 钢管桩、深度达83m,采用7t锤、10t锤、30t锤二级打入。

(5) 钻孔灌注钢筋混凝土桩。在施工方法上有两种:一种是全套管灌注桩,一种是钻孔泥浆护壁灌注桩。前一种有过试验,还没有实用化,后者目前有 $\phi 650\text{mm}$ 、 $\phi 850\text{mm}$ 等直径,按钻头直径而变化,深度30~80m,极限承载力5000~10000kN,已在许多工程上使用,最大优点是无挤土、无震动、无噪音,适合市中心使用。缺点是质量控制手段和测试办法还不完善。为了提高承载力,近期又创造了一种桩底桩侧注浆工法,效果很好。

(6) 用地下连续墙成槽机施工地下连续墙作为人工地基,这可以使地下连续墙与基底土、桩一起工作,并且能与上部结构共同作用,以海建工程锦江宾馆工程就局部应用地下连续墙作为挡土及承载作用。

(7) 减少打桩对邻近建筑影响的辅助技术。除钻孔灌注桩以外,其他桩种都对土体有挤压和增加静水压力的影响,目前采用在桩群四周打塑料排水板或砂井,以加速孔隙水排放到地面。另外,在基地外侧挖防震沟,以减少震动和对四周土体挤压,若使用适当,效果尚可。

2.1.2 降水技术

基坑开挖目前是上海高层建筑深基础施工的基本途径。在上海实际挖土深度2m以上,就要开始采取降水措施。根据不同深度,采用相应的降水技术。

(1) 真空泵与射流泵的轻型井点。一般降水深度3~6m,加长井管,做好井点砂滤层,可以达到降水7m深,如果开挖沟槽降低总管位置,挖土区再增设临时吸水井点,一级轻型井点可以降水达到8m深,上海虹桥宾馆、银河宾馆工程就用此方法。若降水6~10m深可以采用二级轻型井点,施工上要两次打井点、两次挖土,在第一次挖土后道路需要进坑,施工上比较麻烦,但设备简单,所以也是经济可行的方法,上海东方明珠电视塔工程就采用了此方法。

(2) 喷射井点。有标准型与改进小型两种,降水深度分别为8m和12m左右,已经基本上满足了上海高层建筑深基坑开挖的需要。

(3) 深井井点。对降水深度超过12m以上就可以采用深井井点,其方法是在降水基坑范围内,用水冲法或干钻法形成 $\phi 600\text{mm}$ 左右的孔插入井点,其构造与轻型井点相近,下部填砂,上部以粘土密封,每个井点有单独水泵,还可以加设真空,可分为普通深井井点与真空深井井点,每只井点降水面积一般控制在 200m^2 左右。

(4) 井点回灌技术。基坑降水后,会对基坑周围产生不同程度的影响,往往使附近建筑物和沟管等下沉、开裂,影响半径大约为5倍降水深度。在市区建筑群内建设高层建筑必须保护相邻建筑,所以基坑内要降水,基坑外水位又要保持一定高度。近几年来,上海又研究成功了井点回灌技术,就是利用轻型井点来灌水,用观测井来控制灌水数量,以保证基坑一定距离外的地下水水位基本保持在一定高度。

(5) 隔水技术。基坑开挖与降水会影响坑外水位的急剧下降。在闹市区施工采用回灌技术比较困难,因此目前上海应用较多的还是隔水技术,使基坑内外地下水不流通。具体做法是在挡土支护的外侧做隔水层。较常用的是水泥土搅拌桩、旋喷桩以及挡土桩间压力灌浆等,也有采用地下连续墙、冻土墙等隔水与挡土相结合的措施。隔水是保护环境非常重要的措施,这在上海市区施工是非常重要的,一般情况下,隔水与挡土一起进行设计。

2.1.3 挡土技术

基坑开挖除了在郊外空地施工时可采用有适当保护的天然放坡外,一般都需要对坑壁采取挡土措施,可按开挖深度与环境条件采取下列方法。

(1) 悬臂板桩。深度在 2~4m, 对坑边土体稳定要求不太高的工程可以采用悬臂的混凝土板桩或悬臂钢板桩, 但应对其刚度与强度进行验算。

(2) 自立式水泥土重力坝。采用组合的水泥土搅拌排桩作为重力坝, 一般可用于挖土深度 7m 以内的基坑, 重力坝深度为挖土深度乘 2, 厚度为挖土深度乘 0.8~1。应作整体稳定、坝底强度、倾覆和坑内土体稳定的验算, 以及环境允许变形的验算, 这种方法一般用在近郊的工程, 若在市中心应用时, 需要对环境影响作论证。

(3) 挡土板墙。多点支撑的挡土墙, 一般为三种: ① 钢板桩。这是比较传统的一种, 一般采用可以啮合的拉森钢板桩, 按设计要求设一道或数道支撑。② 钢筋混凝土就地灌注桩。20 世纪 80 年代后期, 钢板桩供不应求, 有时也感到钢板桩的刚度不够, 而采用地下连续墙又价格太高, 于是就将受垂直荷载的钢筋混凝土就地灌注桩成排组成挡土墙。混凝土墙可设多道支撑, 成为很好的挡土墙, 现在是上海应用最广的一种。③ 钢筋混凝土地下连续墙。这是将挡土与隔水合于一体的挡土墙, 有板式的与“T”、“工”形断面的, 按刚度要求而确定, 一般在挖土深度特别深时较为经济, 上海已用到挖土深度 30 多米。④ 用 SMW 工法施工的水泥土钢骨架做成的挡土防水支护。在 20 世纪 90 年代末得到很大推广。

(4) 板墙支撑。上海在基坑支撑技术上有较大发展, 板墙支撑有如下几种: ① 井格式型钢支撑, 有工字钢与钢管支撑。② 钢筋混凝土支撑, 从 20 世纪 90 年代初在上海广播电视大厦工程开始使用, 现在是上海应用最多的支撑, 可以是井格式对撑、斜角撑与桁架式组合支撑等形式, 金茂大厦 20000m² 大型基坑就是采用钢筋混凝土桁架式支撑。③ 拱形与环

形支撑。为了挖土方便, 充分运用钢筋混凝土成形简便的优点, 设计成拱形或环形受力的支撑体系, 最大环形直径已达 92m, 不仅方便施工, 而且节约投资, ④ 双向覆加预应力双钢管支撑。钢筋混凝土支撑的缺点是不能重复利用, 而钢支撑可重复使用, 但刚度小, 承载力低, 为了克服这个缺点, 研究成功了双钢管组合, 安全轴力可达 5000~6000kN, 而且双向重复多次施加预应力, 消除钢支撑的结构变形与弹性变形, 实际上就增加了支撑刚度与强度, 这是一种很有发展前途的支撑体系。⑤ 土锚杆。支撑是设在坑内的, 对施工操作多少有些影响, 国外及上海以外地区采用打入坑壁外的土锚杆来拉住板墙, 从理论上讲是一项很好的技术, 但由于上海是软土地基, 土锚杆承载力小, 而且土的流变使变形逐渐增加, 因此上海仅在 6m 以内, 个别变形控制要求较低的浅基坑中采用过。

2.1.4 环境保护技术

上海市区深基坑施工, 对确保坑外周边环境安全的要求已超过坑内施工安全的需要, 变形控制严于强度控制的要求, 为此坑外环境保护已逐步成为一个专门的施工项目。

(1) 信息化施工的监控技术。基坑支护方案设计时就要对基坑施工全过程进行信息化施工的规划, 根据环境状况要设置坑内外水位、坑壁、坑外目标变形(沉降与位移), 主要结构构件应力应变等监测点, 确定量测制度及信息处理程序。施工过程中要按信息变化来控制施工进度与安排施工措施。

(2) 考虑时空效应的挖土支撑技术。由于软土层粘弹塑性的特殊性, 土体变形不仅与应力有关, 还与应力历史、时间等参数有关, 支撑的及时性与有效性对变形的关系是极大的, 所以在挖土与支撑配合上形成了盆式挖土技术、岛式挖土技术等。目前按支撑最短开始受力的时间优化挖土支撑技术, 如抽条挖土加撑技术得到较多应用, 这对减少变形非常有效。

(3) 地基加固技术。为了减少坑内外变形及环境保护对象的变形, 上海发展了多种地基加固技术, 如各种灌浆技术、水泥土桩技术、

锚杆静压桩技术以及板墙堵漏技术等已广泛应用于抢险及控制变形的施工。

2.1.5 逆作法施工技术

逆作法施工是基础与上部结构同时施工的先进工艺,有减少和取消临时支护措施、降低成本及大大加快施工进度等许多优点。20世纪70年代以后被一些发达国家采用。我国始于20世纪80年代进行研究试验,90年代在广州、上海等地应用。上海地铁曾在淮海路三个车站采用半逆作法施工,1995~1997年进行的恒积大厦工程地下4层、地上4层同时完成成为全逆作法施工的典型,取得了很好效果。随后,上海有明天广场、上海城市规划展示馆、城市航站楼等都应用了这一技术,并推广到兄弟省市。到20世纪末,上海推广的逆作法施工项目共有6幢高层建筑,其水平达到地下施工4层地下室、地上结构到达6层楼面,相邻柱间沉降变形差10mm以内,基础造价等降低了10%~20%。

2.2 上部结构施工

由于高层建筑主要是钢筋混凝土结构,这里主要叙述钢筋混凝土结构施工的适用技术。

2.2.1 模板体系

在上海,承重体系为钢筋混凝土装配式结构的高层建筑已基本不建。因此,模板成为高层建筑施工的主导工序,各方面都比较重视,新的模板体系出现不少。

(1) 大模板体系。适用于剪力墙体系的住宅建筑,有全大模与内浇外挂两种体系。每个开间的一个墙面为一块模板,用塔式起重机作垂直、水平运输,混凝土浇筑后一天就拆模,两个流水段施工,大模板可以不落地,连续周转使用,外墙大模板可以粘贴有花纹的衬模,拆模后形成艺术混凝土墙面,起装饰作用,内墙面只要认真做好质量控制及拆模后的修补,可以不做内粉刷。

(2) 爬模体系。将大模板与爬架分阶段临时固定在混凝土外墙体上,用手动葫芦或千斤顶使模板沿爬升的导轨逐层上提,爬模体系装拆模简单,位置正确,工效高。在许多公共高层建筑外墙上使用也很方便,上海电讯大楼、

展览中心等结构外墙就用此法施工。

(3) 滑模体系。滑模适用于剪力墙及筒体施工。原来的工艺是竖向结构用滑模法先施工,横向的梁板在墙体上留洞后采用降模或台模等方法施工。现在为了施工安全与方便,采用了“滑一浇一”工艺,就是在竖向结构滑升1层以后,打开滑模操作平台,进行台架式平面模板安装,绑扎梁板钢筋和浇捣混凝土,架后再进行第2层滑模,这种方法可以一星期完成1层楼板结构,上海已有人量住宅用此法施工。

(4) 提模体系。运用升板法工艺,将柱、墙、梁模板挂在提升平台上,用安装在劲性柱或工具柱上的升板机随时可以提升或下降平台,由于升板机动力大、工作平稳,升降自如,因此模板装拆方便、质量较好。37层的沪办大楼即用此法施工,7天1层,质量较好,金茂大厦应用此法施工,3天完成1层结构,创造了新的上海施工速度。

(5) 台模或飞模体系。这种工艺较适合框架结构,使梁板模板装配化,较多应用在高层轻工业厂房、高层仓库和高层框架轻板住宅上。

(6) 钢模板、九夹板散装散拆的平台模板体系。这是使用量最大的模板体系,它灵活运用小钢模与大张九夹板,靠较多的人力散装散拆,任何建筑公司都有条件施工,用在复杂结构上有一定优点。目前上海的高层宾馆工程大部分用此模板体系,但层数较多的工程已在完全散装散拆的基础上改进为可以用搬运的有固定坐标位置的组合式模板,以减少散装、散拆程度,提高工作效率。近年来平台模板采用的早拆模体系,只要留少数立柱,就可以快速拆除平台模板,更是加快了施工进度。

(7) 塑料模壳。上海的高层建筑为了增加空间,楼板逐步采用双向密肋楼盖,所以塑料模壳的应用也有了发展。在支撑方式上与早拆模相结合,模壳可以周转使用。

2.2.2 垂直运输机械

高层建筑施工垂直运输是必要条件,这几年已逐步形成系列化的垂直运输机械。

(1) 塔式起重机。由上海研制与引进的塔机已经配套,有600kN·m下旋式行走塔机、

600kN·m 自升式塔机、800kN·m 折臂式塔机、70HC 二用塔机、88HC 三用塔机、1200kN·m 两用塔机等。这些塔机分别可以解决 12 层到 50 层各类高层建筑的施工，目前已经着手研制 1000kN·m 的两用塔机，以代替进口的 70HC 和 88HC 塔机，做到成套塔机自行生产。塔机是高层建筑的主要运输机械，用于钢筋、模板、水电管料的垂直运输与局部水平运输，也用于混凝土布料机移动及其他作业。一些超高层建筑施工还采用进口的更大型爬塔，如金茂大厦工程采用了 2 台 M440D 爬塔。

(2) 施工附墙电梯。这是高层建筑施工人员上下的必需机具，也可以运送小件物料。上海主要使用的两种是瑞典林登-阿利马克和上海宝山电梯厂所生产的人货两用电梯，高度分别可达 150m 和 100m。华东建筑机械厂、上海建工厂也正在生产可替代进口的施工电梯。目前用于超高层建筑施工的 ALIMAK 高速电梯可运送至 420m 高度。

(3) 高层施工井架。这是在多层井架基础上改进加高而成，有三柱二笼、二井三笼和单井式，都系施工企业自己制造，可以运输各种材料，是装饰准备及装饰阶段的重要运输设备。虽属土设备，但解决大问题，上海几个主要的高层建筑施工都有使用。在高层建筑施工垂直运输机械设备的配备上，一般 1000m² 楼面积配一机一梯一井或一机二梯，可基本满足正常施工进度。

2.2.3 混凝土施工技术

钢筋混凝土结构的高层建筑，平均每平方米建筑面积要用混凝土 0.5m³ 左右，所以混凝土从原材料选择、拌和、运输、入模、振捣是高层建筑施工中很重要的施工技术。从上海市区改造场地小、交通困难的客观条件出发，经过多年的努力，目前已初步形成了商品混凝土供应网络体系。为了与其配套，也开始形成商品混凝土的成套施工技术。

(1) 混凝土搅拌。上海已建立的不少商品混凝土公司，有一些大型施工企业也建了下属的搅拌站，都是机械化自动化程度较高的搅拌楼，形成了混凝土的预拌工厂。

(2) 混凝土运输。混凝土的运距平均在 15~20km，采用搅拌运输车运输，一般从出料到达工地为 30~45 分钟，一辆 6m³ 的运输车年运送能力约 10000m³。

(3) 混凝土入模。商品混凝土，一般均用泵车泵送入模，6 层以内采用汽车泵，高层建筑采用固定式泵车。对于高层的平面布料机，则采用接在泵管上的转动式布料机，可以在转动半径范围内将混凝土送入模。商品混凝土用泵送入模作业率达 95% 以上，泵送高度一次达到 382.5m。除了商品混凝土之外，现场设搅和机，用塔吊、井架等机具作垂直运输，吊斗和小车运送入模，这种传统工艺在住宅高层建筑施工中还占着相当比重，有一定的经济性与实用性。

(4) 混凝土强度。随着高层建筑的增高，混凝土强度也在不断提高，因此混凝土的配比优化也有很大发展，粉煤灰与化学外加剂二掺技术在上海已广泛应用于 C60、C80 混凝土，已有试点工程采用，如新上海国际大厦 22 层楼面就采用 C80 商品混凝土泵送，并取得成功。上海明天地广场有 5 层结构的立柱就采用了 C80 混凝土。

(5) 大体积混凝土施工。结构三个方向的最小尺寸超过 800mm 的混凝土施工，称为大体积混凝土施工，由于水泥在水化过程中发热，引起混凝土构件在升温、降温过程中，因各个部位温差应力不一以及混凝土本身的收缩等因素，容易产生危及结构安全的裂缝。过去，大体积混凝土施工是一个重大的技术问题，二十多年前，在南京梅山铁矿高炉基础浇筑时就曾因为温度裂缝过大出现质量问题。一般高层建筑都有混凝土承台，均属大体积混凝土，经过大量研究实践，上海的大体积混凝土施工技术有了很大的飞跃。这当中主要采取了如下措施：① 混凝土本身低发热量；② 内降温、外保温，运用传感信息监测技术，及时调整和控制结构件内外部分的温差在 25℃ 之内；③ 延长与做好养护工作；④ 尽可能地科学组织施工，提高浇注强度；⑤ 改善级配，应用外掺技术。

目前上海的大体积混凝土施工水平:①最大的基础厚度:6m;②最高混凝土标号:C50;③最大的一次连续浇筑混凝土量:24000m³;④最高浇注强度:660m³/时,该工程共启用20辆泵车、200辆搅拌运输车、10个集中搅拌站同时供应商品混凝土,这是在虹桥地区的上海世界贸易商城工程中实现的。

2.2.4 预应力及钢筋连接技术

(1)上海高层建筑应用预应力技术相对于外地是比较落后的,当广州63层的国贸大厦在高层现浇楼盖上采用无粘结预应力时,上海的高层楼盖还没有一例采用预应力,但近几年发展很快,许多高层建筑内筒到外柱之间的楼板都采用了预应力技术,如新上海国际大厦、工商大厦等基本上都无粘结预应力索预埋,等混凝土达到一定强度后张拉。在基础工程中也有采用预应力的,如上海国际航运大厦的地下室楼地板,目前正在探索桩与地下连续墙采用预应力技术。

(2)上海采用较多的钢筋连接有以下几种:电渣压力焊,套筒冷轧与冷挤压接头,近期发展较多的是锥螺纹套筒接头及直螺纹等强度连接。

2.2.5 钢结构安装技术

钢结构的高层建筑虽然比较少,但近几年已经有不少工程采用钢与混凝土混合结构或全钢结构。如金茂大厦是比较典型的混合体系,世界广场是典型的全钢结构。钢结构的安装采用附着在钢结构上的自升式塔吊,一般按塔机的起吊能力以1层或2层作为一个安装单元层,先柱后梁或组合件进行就位,连接采用安装螺栓,经校正后采用电焊固定与连接,也有的采用高强螺栓。这类钢结构建筑楼盖还是采用钢筋混凝土结构,以压型钢板代模板,上面适当配筋后浇混凝土,施工顺序上,一般在框架安装完毕隔3层后,混凝土楼盖跟上施工。

3. 高层建筑施工技术的发展前瞻

上海地少人多,高层建筑仍会继续发展。除少数大型公共建筑、超高层宾馆商务楼外,为数不少的将是高层住宅建筑。为更快更好地建造这些建筑,施工技术必须跟着发展,上海

工程建设领域的施工、设计、科研工作者正从如下几方面作出努力:

3.1 进一步研究与推广逆作法

高层建筑与开发地下空间相结合,今后的高层建筑将有多层地下室,而用现在的明挖基坑支护体系是费时费钱的,应当深入研究并大力推广逆作法施工技术,从而可以大大降低支护费用,而且地上、地下同时施工,可以加快施工期,并能在地市中心施工时确保环境安全。

3.2 开发巨型桩

目前上海的高层建筑,基础底板越来越厚,个别达5m厚,接近2层楼高度,这非常不经济。应当发展巨型的一柱一桩、一端一桩技术,但要进一步完善计算理论以及探索基础桩墙与上部结构的共同作用机理,大大简化基础底板的设计,因此这是需要设计界与施工界共同努力的课题。

3.3 大力发展高性能混凝土与预应力技术

按我国的国情,高层建筑在一定时期内还将以钢筋混凝土为主体。由于混凝土自重较大,所以随着层高的增加,自重所占的比例就大,从而影响混凝土结构向更高层数发展。为此应当大力发展预应力技术与高性能混凝土,力求下部柱子普及C80混凝土,预应力技术除楼板与梁之外还可以进一步研究发展竖向构件。

3.4 大力推广设计与施工一体化

当建筑超过一定高度后,施工方法与结构设计愈加密切相关,因此在设计时就要充分考虑采取何种施工方法,在结构安排上应选定何种机具及方法,这对高效率施工是最有利的。我国的建筑设计与施工是分开的,在这方面应当学习国外总承包经验,如何使两者更有效地协调结合起来。

3.5 大力研究与推广高层住宅建筑体系

高层住宅不同于商办大楼,一般都是一大批,因此要搞住宅产业化,就要研究结构与施工优化体系,达到高层住宅工业化施工。

3.6 大力发展钢结构超高层建筑与钢结构高层住宅

20世纪上海高层建筑钢结构数量不多,而目前我国钢产量为世界第一,高层建筑对钢

材的应用,可以进一步减轻建筑重量,美化建筑造型,增加建筑高度,还可以为发展冶金工业出力。

3.7 进一步拓展高科技在建筑施工中的应用

目前我们在深基坑支护、重大构件的吊装方面,已经部分采用信息技术进行信息化施

工,为了达到经济有效的目标,将会进一步运用高科技新成果来提高当前的施工技术水平,如施工机具的自动化动态控制,微电脑信息化施工等,也可以将材料科学的新成果运用到建筑施工行业中来,逐步使建筑施工提高技术含量,进一步实现多快好省。

目录

■ 综 述

■ 综 合 楼

- 金茂大厦 / 3
- 明天广场 / 20
- 恒隆广场 / 29
- 上海(香港)新世界大厦 / 39
- 中银大厦 / 54
- 交银金融大厦 / 68
- 新金桥大厦 / 84
- 森茂国际大厦 / 94
- 上海外滩金融中心 / 110
- 中国保险大厦 / 130
- 金钟广场 / 140
- 中信泰富广场 / 145
- 上海广场 / 157
- 浦东·世界金融大厦 / 171
- 久事大厦 / 183
- 新上海国际大厦 / 195
- 浦项广场 / 206
- 香港广场(北座) / 220
- 上海世界贸易商城 / 231
- 外滩京城 / 238
- 大上海时代广场 / 263
- 世纪金融大厦 / 277
- 第一百货六合路商业大厦 / 291
- 凯旋门大厦 / 300
- 十六铺交银大厦 / 315
- 新世纪商厦 / 336

- 汇金广场 / 347
- 恒积大厦 / 355
- 新世纪广场 / 361

■ 商 务 楼

- 上海国际航运金融大厦 / 377
- 万都中心 / 405
- 上海信息枢纽大楼 / 423
- 世界广场 / 440
- 中欣大厦 / 452
- 上海实业大厦 / 463
- 上海招商局广场 / 476

■ 宾 馆

- 东锦江大酒店 / 485
- 新世界大饭店 / 501
- 红塔大酒店 / 513
- 浦东香格里拉大酒店 / 524
- 上海建工锦江大酒店 / 536
- 城市酒店二期公寓楼 / 545

■ 文 教 卫 生

- 上海电视台电视制作综合楼 / 557
- 上海广播电视国际新闻交流中心 / 568
- 上海图书馆 / 578

■ 住 宅

- 中远两湾城一期高层住宅 / 589
 - A10、A11(点式)
- 中远两湾城二期高层住宅 / 600
 - B21、B22(板式)

综合楼

上海高层超高层建筑设计
与施工





金茂大厦

- 建设单位: 上海对外贸易中心股份有限公司
 设计单位: 美国 SOM 建筑设计事务所
 设计顾问: 上海建筑设计研究院
 施工单位: 上海建工(集团)总公司(总承包)
 上海市第一建筑有限公司(土建工程)
 上海市机械施工公司(钢结构吊装工程)
 第三航务工程局第二工程公司
 (打桩工程)



一、工程概况与施工基本情况

(一) 工程概况

金茂大厦位于上海浦东新区陆家嘴金融贸易区,与著名的“东方明珠”电视塔相邻,占地 23611m²,总建筑面积 289500m²,由塔楼和裙房组成。其中塔楼地下 3 层,地上 88 层,总高度达 420.5m。金茂大厦是一座集办公、酒店、购物、娱乐于一体的综合性大楼,其中 1~52 层为办公楼,53~87 层是超五星级的酒店,距地面 340m 的 88 层是观光层,塔顶 1~4 层为设备房。裙房 6 层,内设大小宴会厅、百货商场和休闲娱乐场所等。60000m²的 3 层地下室设有各类大型机电设备房、服务设备房、地下停车场和食街。整幢大楼如一座综合性的小区。金茂大厦由上海对外贸易中心股份有限公司投资建设,美国 SOM 建筑设计事务所设计,设计顾问单位是上海建筑设计研究院,上海建工集团为总承包,是目前国内投资最大的单体工程。

金茂大厦采用钢管桩-筏板基础。钢管桩基分主楼和裙房两种,均为日本钢材卷制的钢管桩,其中主楼桩基直径为 $\phi 914\text{mm}$,壁厚

20mm,设计桩长 65m,送深 17.50m,桩尖标高-78.50m(入土深度 82.5m),以第⑨₂层作桩基的最终持力层。布桩呈八角形,桩距有 2.7m 和 3.0m 两种。主楼桩基总数 430 根,间距略小于 3 倍的桩径,是典型的群桩。裙房桩基直径为 $\phi 609.6\text{mm}$,壁厚 14mm,设计桩长 33m,送桩 14.0m,桩尖标高-43.0m(入土深度 47m),以第⑦₂层作桩基的最终持力层,呈不规则四边形布置,环抱八角形主楼分布,间距不等,桩顶为条形基础,桩基总数 640 根。主楼上部结构采用钢筋混凝土核心筒与钢结构外框架相结合的混合体系,主要由四大部分组成:

1. 核心内筒,平面呈八角形,外包尺寸 27m \times 27m,53 层以下有井字式内墙,分隔成九格;53 层以上无中间隔墙,为一个空心钢筋混凝土筒。

2. 外框架,在主楼四边各有两根巨型劲性钢筋混凝土柱,由框架钢柱与钢梁与其相连,形成环抱核心筒的外框架。

3. 巨型钢桁架,这是超高层建筑内筒与外框之间传递水平力与协调变形的重要构件,该工程共设三道,分别设在 24~26 层、51~53 层、