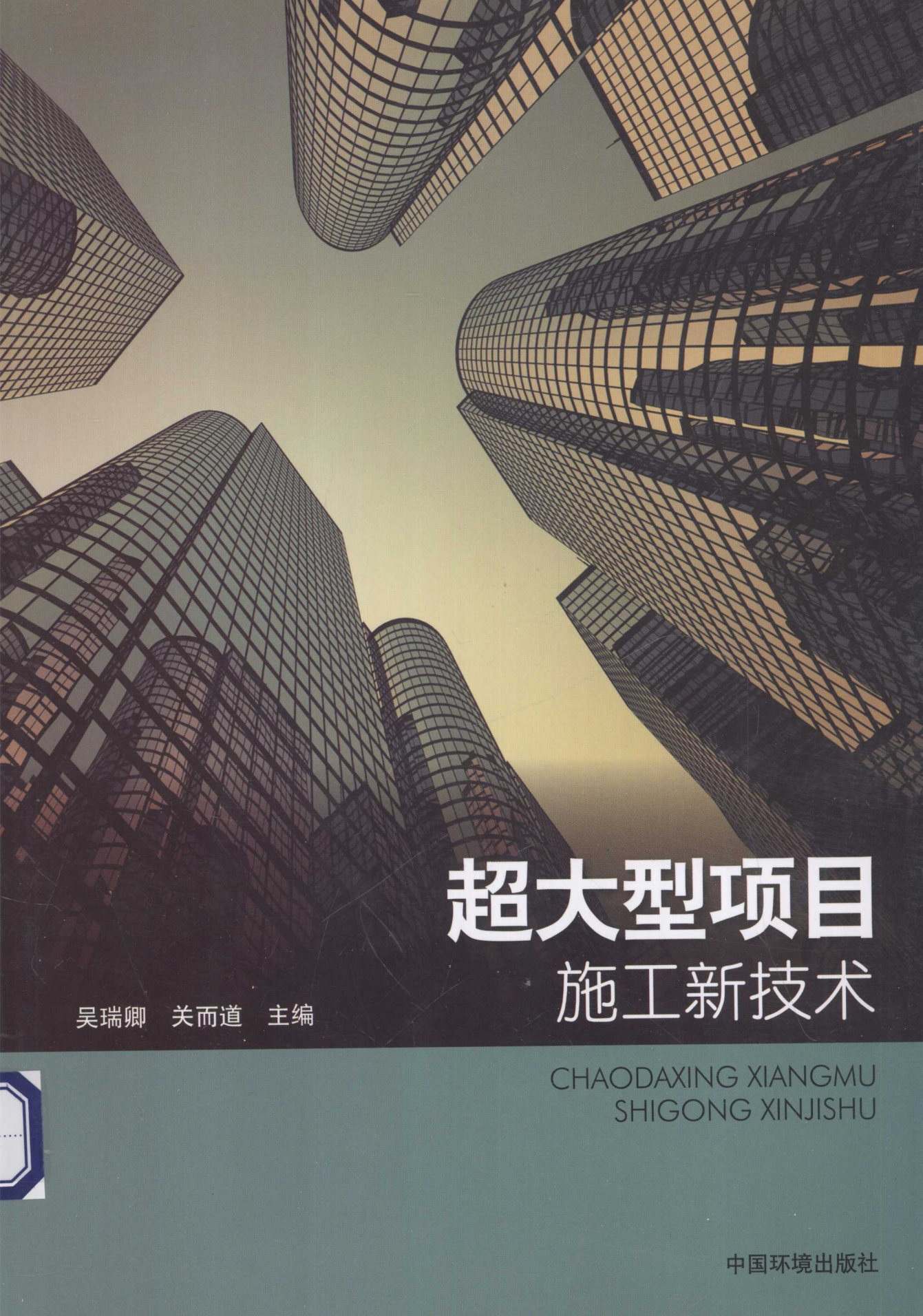


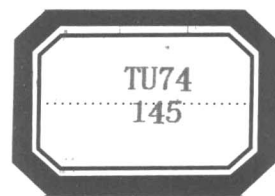


超大型项目 施工新技术

吴瑞卿 关而道 主编

CHAODAXING XIANGMU
SHIGONG XINJISHU

中国环境出版社



超大型项目施工新技术

吴瑞卿 关而道 主编

中国环境出版社 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

超大型项目施工新技术/ 吴瑞卿等主编. —北京: 中国环境出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-5111-1560-7

I. ①超… II. ①吴… III. ①建筑工程—工程施工
IV. ①TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 208956 号

出 版 人 王新程
责任编辑 张于嫣
责任校对 唐丽虹
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112739 (建筑图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 11 月第 1 版
印 次 2013 年 11 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 16
字 数 336 千字
定 价 40.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换。

编写委员会

主 审：蔡 健

主 编：吴瑞卿 关而道

副 主 编：周岳锋 邵 泉 陈庆军

主要编写人员：向小英 赖泽荣 黄亮忠 朱 骏
苏建华 崔伟锋 吴 昊 方耿辉
钟文深 杨 春 姜正荣 左志亮

前 言

超大型建筑一直是人们展示发展成就的主要手段，一旦经济社会发展取得一定成就，往往通过兴建大型建筑工程来向世人展示，以其强烈的标志性作用来提升城市和国家形象（城市和国家“名片”）。近年来，随着经济持续高速的发展，我国进入了一个大规模的工程建设阶段，由于广州建设发展的需要，以及2010年第16届亚运会等一系列重大活动在广州的开展，建设了广州塔、广州国际金融中心、广州亚运馆为代表的大型项目，这些建筑令人瞩目。

本书以广州塔、广州国际金融中心、广州亚运馆工程施工实践为基础，系统地总结大型项目工程施工的新技术及施工管理。本书共分9章，第1章，主要阐述超大型项目施工策划与组织；第2章通过分析超大型项目中超高层建筑的施工特点，介绍了施工垂直运输体系的构成与配置；第3章以竖向测量为重点介绍了超大型项目施工测量技术；第4章针对超大型项目基础埋深较大，地质条件复杂的特点，介绍了广州塔和广州国际金融中心的基础桩的厚大地下室底板施工技术；第5章以当前竖向结构施工为目标，介绍了超大型项目尤其是超高层建筑模板工程施工技术；第6章以超高泵送为重点介绍了超大型项目混凝土工程施工技术；第7章就大跨度空间钢结构、巨型斜交网格钢管混凝土柱外筒、塔桅等结构特点，介绍了超大型项目钢结构安装施工技术；第8章介绍了超大型项目结构施工监控技术；第9章介绍了超大型项目机电设备安装与装饰施工新技术。

本书介绍的超大型项目施工新技术，有些技术在借鉴其他超大型项目建设成功经验上进行提升，有些技术是我们根据工程特点自行研发的，这些技术的成功运用保证了广州塔、广州国际金融中心、广州亚运馆工程的顺利建设，广州塔项目获得鲁班奖和詹天佑奖，广州亚运馆项目获得詹天佑奖和国家优质工程银质奖，广州国际金融中心获得鲁班奖和正在申报詹天佑奖。同时，这些技术也得到了业界专家的肯定。

在本书编写时，我们力求将系统总结与工程实践相结合，也参考了国内外专家学者出版的图书和文献，引用了相关单位的技术资料，谨向这些同志表示衷心敬意！也希望本书能对从事超大型项目施工技术与工程实践的技术人员提供借鉴。但超大型项目施工技术是一门综合性非常强的应用技术，它涉及多门学科，可积累的研究成果极为丰富，书中不当之处，真诚希望广大读者和专家批评指正。

目 录

第 1 章 超大型项目施工策划与组织	1
1.1 超大型项目施工特点	1
1.2 施工技术路线	2
1.3 施工平面布置	3
1.4 工程案例 1——广州国际金融中心项目施工组织	4
1.5 工程案例 2——广州塔项目施工组织	17
第 2 章 超大型项目施工垂直运输体系的规划	25
2.1 垂直运输体系的构成和配备	25
2.2 工程案例 1——广州国际金融中心项目施工垂直运输体系的规划	29
2.3 工程案例 2——广州塔项目施工垂直运输体系的规划	35
第 3 章 超大型项目施工测量技术	44
3.1 超大型项目施工测量难点	44
3.2 施工测量的作用与任务	45
3.3 工程案例 1——广州国际金融中心项目施工测量技术	46
3.4 工程案例 2——广州塔项目施工测量技术	50
第 4 章 超大型项目基础工程施工技术	58
4.1 超大型项目基础施工特点	58
4.2 工程案例 1——广州塔项目基础施工技术	59
4.3 工程案例 2——广州国际金融中心项目基础施工技术	68
第 5 章 超大型项目模板工程施工技术	83
5.1 超大型项目模板工程特点	83

5.2	超大型项目模板工程技术选择	84
5.3	工程案例 1——广州国际金融中心项目核心筒结构模板工程施工技术	86
5.4	工程案例 2——广州塔项目核心筒结构模板工程施工技术	96
第 6 章	超大型项目混凝土工程施工技术	105
6.1	超大型项目混凝土工程施工特点	105
6.2	工程案例 1——广州塔项目高强混凝土超高泵送施工技术	106
6.3	工程案例 2——广州国际金融中心项目斜交网格钢管混凝土柱 施工技术	116
第 7 章	超大型项目钢结构安装施工技术	130
7.1	钢结构安装特点	130
7.2	工程案例 1——广州国际金融中心项目钢结构安装施工技术	131
7.3	工程案例 2——广州塔项目天线桅杆安装施工技术	145
7.4	工程案例 3——广州亚运馆项目大跨度空间钢结构安装施工技术	152
第 8 章	超大型项目结构施工监控技术	172
8.1	施工监控的意义和目的	172
8.2	工程案例 1——广州国际金融中心项目施工监控技术	173
8.3	工程案例 2——广州塔项目振动控制监测技术	183
8.4	工程案例 3——广州亚运馆项目施工监控技术	205
第 9 章	超大型项目机电设备安装与装饰施工新技术	218
9.1	工程案例 1——广州塔项目施工机电设备安装与装饰施工技术	218
9.2	工程案例 2——广州亚运馆项目变曲率大面积饰面清水混凝 土墙施工技术	232
参考文献		244

第1章 超大型项目施工策划与组织

超大型项目施工策划与组织是顺利实现项目目标和完成项目管理全部任务的首要环节。超大型项目施工是一个复杂的系统工程,需要全方位、全过程进行资源的有效配置、整合和管理。因此,加强超大型项目施工策划与组织有其必要性,其涵盖了项目管理全过程的方方面面,在一定程度上使项目在实施过程的各阶段管理和局部管理衔接紧密,系统资源分配合理,更好地保证了工程项目能够按计划有序实施及平稳运行。

1.1 超大型项目施工特点

随着建筑业的不断发展,超大型项目不断涌现,主要体现为大型公共建筑场馆和超高层建筑,这些建筑均具有规模庞大、工期紧张;基础埋置深、施工难度大;结构跨度大或超高、施工技术含量高;作业空间狭小、施工组织难度高;工期长、冬雨期施工难以避免;人机料垂直运输量大;功能繁多、系统复杂、施工组织要求高等特点。

(1) 规模庞大,工期紧张

超大型项目尤其是超高层建筑体量巨大,建筑面积达数10万 m^2 ,所需投资往往达数十亿元(人民币),建设单位的资金压力非常大。资金压力体现在工期成本高,一旦工程延期就会提高投资成本,降低投资收益,故施工工期非常紧张。

(2) 基础埋置深、施工难度大

为了满足结构稳定和开发地下空间的需要,超大型项目尤其是超高层建筑的基础埋置都比较深,基坑开挖深度甚至超过30 m。深基础施工难度大和周期长,故施工安全风险也增大。

(3) 结构跨度大或超高,施工技术含量高

超大型项目结构跨度大或超高,尤其是超高层建筑较其他建筑最为显著的区别是高度大。目前超高层建筑高度已经突破800 m大关(阿联酋迪拜哈利法塔高828 m),正在朝1 000 m迈进。虽然有些超大型项目的跨度和高度并不突出,但是为了产生独特的建筑效果,造型非常奇特。结构跨度和高度的不断增加及造型的奇特都会增加超大型项目结构的施工难度,故施工技术含量高。

(4) 建设标准高, 材料设备来源广

超大型项目多为设计标准比较高的建筑, 有些属城市标志性的建筑。业主和建筑师为了打造精品, 往往采用当今世界最新科技成果, 就要在全球范围采购大量材料和设备。这对总承包管理能力是一个严峻考验, 因此在管理前瞻性要求高。

(5) 工期长, 冬雨期施工难以避免

超大型项目建筑体量大, 施工周期长, 建筑平均工期长达 2 年左右, 规模大的超大型项目建筑施工工期甚至超过 5 年。施工过程中历经冬雨季恶劣天气不可避免。特别是随着施工高度的增加, 作业环境更加恶劣, 风大、温度低给结构施工带来很大困难。

(6) 人机料垂直运输量大

超大型项目建筑体量巨大, 除结构材料外, 机电安装与装饰工程所需的材料设备有时重达数十万吨, 数千名施工人员上下的交通流量相当大, 因此应提高垂直运输体系的效率, 以加快施工进度。

(7) 功能繁多, 系统复杂, 施工组织要求高

超大型项目尤其是现代超高层建筑往往集办公、酒店、休闲、娱乐和购物等功能于一体, 作业空间非常狭小, 功能繁多。为了实现建筑功能, 除了建筑结构外, 还包含强电系统、空调系统、给水排水系统、电梯系统、消防系统和楼宇自控系统等庞大而复杂的机电系统。故要在有限的时间和空间内, 保质保量完成这些系统的施工, 对总承包商的施工组织能力是一个严峻的考验。

1.2 施工技术路线

超大型项目施工前必须首先深入分析工程特点, 明确项目的施工技术要点, 然后制定针对性的施工技术路线。

1.2.1 超高层建筑施工技术路线

根据工程对象不同, 超大型项目尤其是超高层建筑施工技术路线各有差异, 但基本原则是相同的, 内容如下:

(1) 突出塔楼

超高层建筑具有投资大、工期长而紧张的显著特点, 因此必须采取有力措施缩短施工工期。而在整个工程中, 塔楼的施工工期无疑起着控制作用, 故缩短工期关键是缩短塔楼的施工工期。为此, 在施工组织中必须突出塔楼, 将塔楼结构施工摆在突出位置。

(2) 流水施工

超高层建筑施工的最大特点是作业面狭小, 必须自下而上逐层施工, 故必须利用超高层建筑垂直向上的特点, 充分利用每一个楼层空间, 通过有序组织, 使各分部分项工程施工紧密衔接, 实现空间立体交叉流水作业。这样可以大大加快施工速度, 缩短项目的施工工期。

(3) 工业化施工

超高层建筑施工作业面狭小、高空作业条件差,施工进度要求高,采用工业化施工可以减少现场作业量和高空作业量,因此必须有效利用当今科技进步成果,采用工业化施工。这样一方面可以加快施工速度,缩短施工工期;另一方面可以充分发挥工厂制作的积极作用,提高施工质量。

(4) 总承包管理

超高层建筑功能繁多,系统复杂,参与承建的单位多且来自五湖四海,只有强化总承包管理才能将他们有序地组织起来,实现对工程质量、工期、安全等的全面管理和控制,确保业主的项目建设目标顺利实现。

1.2.2 大型公共建筑场馆施工技术路线

随着建筑理念的不断更新,出现许多新型建筑,尤其是体育场馆、会展中心、机场建筑等大型公共建筑多采用大跨度、复杂空间钢结构作为屋盖结构体系,而大型公共建筑和场馆建筑的设计新颖,建筑规模大,技术多样复杂,质量要求高,工期短,社会影响大,给建筑施工的实施带来很多困难,特别是大跨度空间钢结构施工。

大跨度空间钢结构施工主要采用高空散装法、分条分块吊装法、滑移法、单元或整体提升(顶升)法、整体吊装法、折叠展开式整体提升法、高空悬拼安装法等施工方法。因此,施工前应根据结构特点和现场施工条件,制定施工技术路线——安装方法。吊装单元应结合结构特点、运输方式、起重设备性能、安装场地条件来划分,同时应采用工业化施工,减少现场作业量和高空作业量,提高施工质量。

1.3 施工平面布置

施工平面布置是现场管理、实现文明和绿色施工的依据,是施工组织设计的重要内容,具有较强的技术性、经济性、政策性,需要统筹规划和组织。

1.3.1 施工平面布置内容

施工平面图应对施工机械设备布置、材料和构配件的堆场、现场加工场地以及现场临时运输道路、临时供水供电线路和其他临时设施进行合理布置,重点内容:

(1) 建筑设计总平面上已建和拟建的地上和地下一切房屋、构筑物及其他设施的位置和尺寸。

(2) 施工现场的红线,可临时占用的地区,场外和场内交通道路,现场主要入口和次要入口,现场临时供水供电的接驳位置。

(3) 测量放线的标桩、现场的地面大致标高。地形复杂的大型现场应有地形等高线,以及现场临时平整的标高设计。

(4) 现场主要施工机械如塔式起重机、施工电梯或垂直运输龙门架的位置。塔式起重机应按最大臂杆长度绘出有效工作范围。移动式塔式起重机应给出轨道位置。

(5) 各种材料、半成品、构件以及工业设备等的仓库和堆场。

(6) 为施工服务的一切临时设施的布置(包括搅拌站、加工棚、仓库、办公室、工人宿舍、供水供电线路、施工道路等)。

(7) 消防入口、消防道路和消火栓、消防器材等的位置。

1.3.2 施工平面布置原则

(1) 动态调整原则

超大型项目尤其是超高层建筑施工周期长,且具有明显的阶段性特点,因此施工平面布置应动态调整,以满足各阶段施工工艺的要求。

① 在编制施工总平面图前应当首先确定施工步骤,然后根据工程进度的不同阶段编制按阶段划分的施工平面图,一般可分为土方开挖与基坑支护施工、基础施工、上部结构施工和机电安装与装修等阶段,并编制相应的施工平面图。

② 为了减少施工投入,施工平面布置动态调整中应注意有序转换,尽可能避免主要施工临时设施(如主干道路、仓库、办公室和临时水电线路)的调整,实现主要施工临时设施在各阶段的高度共享。

(2) 文明施工原则

充分考虑水文、气象条件,满足施工场地防洪、排涝要求,符合有关安全、防火、防震、环境保护和卫生等方面的规定。

(3) 绿色施工原则

施工平面布置应紧凑,并应尽量减少占地;应在经批准的临时用地范围内组织施工;应根据现场条件合理设计场内交通道路,施工道路应与永久道路兼顾考虑;并应充分利用拟建道路为施工服务。

(4) 经济合理原则

合理布置起重机械和各项施工设施,科学规划施工道路和材料设备堆场,减少二次驳运,降低运输费用;尽量利用永久性建筑物、构筑物或现有设施为施工服务,降低施工设施费用,比如利用永久消防电梯和货运电梯作为建筑装饰阶段的人货运输工具。

1.4 工程案例1——广州国际金融中心项目施工组织

1.4.1 概述

广州国际金融中心项目为集办公、酒店、休闲娱乐为一体的综合性商务中心,位于珠江大道西侧、花城大道南侧。项目建成后作为广州市的一个标志性建筑,其新颖的结构体系,优美的建筑外观,将成为珠江江畔上一道亮丽的风景线。

该工程由广州越秀城建国际金融中心有限公司开发,广州市建筑集团有限公司与中国建筑股份有限公司联合承建,WilkinsonEyre Architects~Arup 联合体、华南理工大学建筑设计研究院设计,广州城建开发工程咨询监理有限公司监理。

项目总建筑面积 45 万 m^2 ，包括 4 层地下室（局部 5 层）、5 层裙楼、两栋 28 层的附楼和一栋 103 层的主塔楼组成，其中主塔楼总高度 440.75 m，平面呈三角拟合弧状心形，立面为中间粗两端细的梭形，整体造型设计为光滑通透的水晶。见图 1-1。

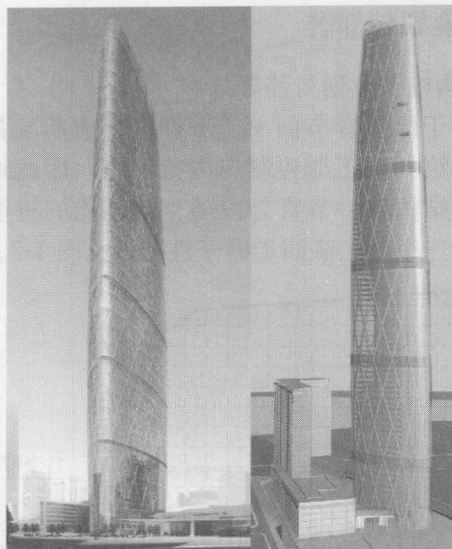


图 1-1 广州国际金融中心工程项目效果图

主塔楼设计 70 层以下为智能甲级写字楼，70 层以上为白金五星级酒店，顶部设置观光层和直升机停机坪，中部间隔设置有 5 个设备层和避难层。附楼、裙楼及地下室为配套公寓、商场、停车场。

其中主塔楼结构体系为筒中筒混合结构，核心筒为钢筋混凝土结构，外框筒为钢结构，其中外框钢柱为巨型斜交网格体系，每 27 m 高度为一个节段，共 17 节，每节由 15 个“X”形节点和 30 根倾斜钢柱组成，钢管直径由底部的 1.8 m 逐渐变为顶部的 0.8 m，钢管内灌注 C70~C90 的超高性能混凝土；混凝土核心筒在 67 层上下存在结构体系的转变，67 层以下为六边形设计，67~74 层为结构过渡层，74 层以上核心筒结构变为自身不能稳定的倾斜弧形薄墙结构；内外筒之间为钢梁组合楼盖，楼盖采用钢筋桁架肋钢模板。

外围护采用全幕墙结构，内隔断为混凝土砌块墙与轻质隔板墙。并设计有消防、通风、空调、强弱电、给排水、真空垃圾等配套系统。

1.4.2 施工总体思路

施工安排主塔楼和附楼同时施工，突出主塔楼结构为主线，混凝土结构和钢结构协调同步进行，互为依托，相互配合、穿插。选择先进的施工工艺（外框斜交网格柱逐节吊装、整环校正；核心筒大吨位长行程油缸整体顶模施工工艺；钢管柱混凝土高抛加人工振捣），投入充足、先进的机械设备（3 台爬升式 M900D 塔吊及 11 台高速施工电梯保证人料垂直运输；3 台高压 HBT90CH 混凝土输送泵保证混凝土的超高泵送），配备精干高效的管理及施工队伍，在保证主塔结构的同时协调管理各工种及时插入（机电安装在主塔结构施工完 19 层后插入，分段跟进；幕墙在主塔结构施工完 36 层后插入，逐层向上；内装饰在施工完 45 层后插入），通过合理的工序安排保证各个工期节点。

为保证上述施工安排,成立项目的管理机构,做好项目施工的全面保障工作,完善总承包管理体系,对项目的工期协调、资源调配、管理流程等做好明确的规定,避免因管理的失误导致工期的延误。

1.4.3 施工总体策划与部署

(1) ± 0.000 以下结构施工策划与部署

项目开工进场后,由于恰逢春节前夕,工程进行前期准备工作,为保证工程的整体工期,延误部分计划在第一个工期控制点内抢回来,因此地下结构全面展开,核心筒结构同步进行,外框钢结构第一节直管段随土建结构的进度逐层进行。根据后浇带划分为如下施工段,安排三个施工队同步展开进行,见图 1-2。

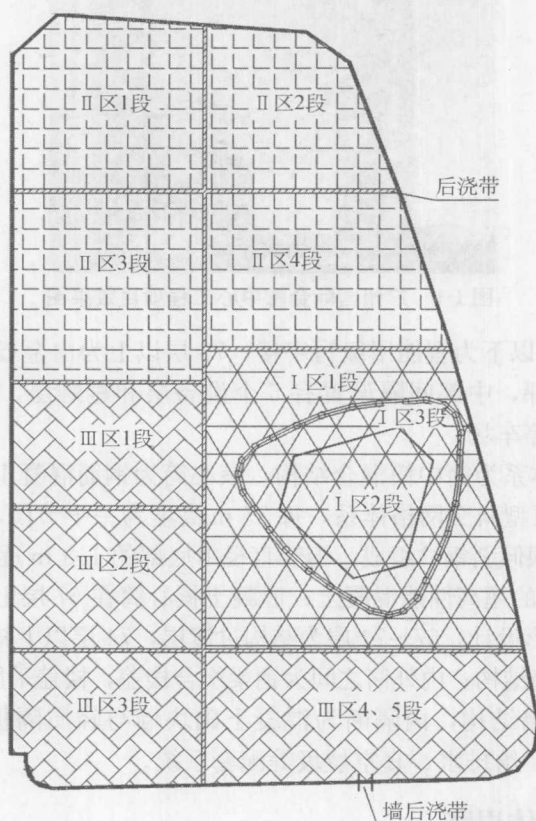


图 1-2 ± 0.000 以下结构施工分区图

(2) 裙楼和附楼施工策划与部署

± 0.000 结构以后随即进行裙楼的施工。裙楼根据附楼区域平面上划分为两个区域同步展开施工,逐层向上,裙楼于 2007 年 7 月 2 日结构封顶,附楼于 2007 年 12 月 15 日结构封顶。附楼结构施工至 15 层后,开始穿插地下室机电安装施工;附楼精装修由上向下施工,最后进行裙楼精装修、机电系统调试及装饰收尾。附楼于 2009 年 2 月 25 日竣工。

(3) 主塔楼结构施工顺序

根据该工程结构特点,主塔楼主体结构先行施工核心筒墙体,依次进行外钢框架层钢

结构安装和组合楼板结构施工,最后进行屋顶直升飞机停机坪的钢结构安装,见图1-3。

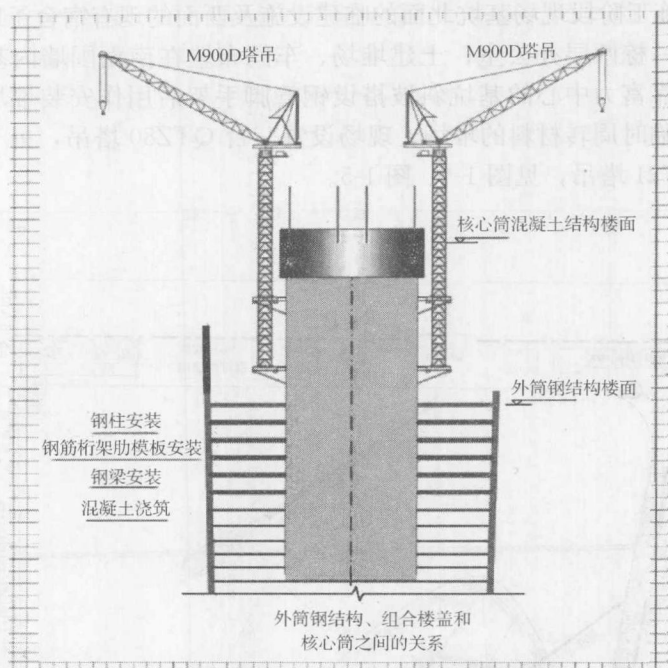


图 1-3 核心筒与外筒钢结构、组合楼盖施工之间的关系

(4) 根据进度安排,主塔楼相应结构楼层施工完毕后,依次进行砌体与批档施工、设备安装施工、玻璃幕墙施工;玻璃幕墙施工完毕后进行剩余设备安装以及装饰工程施工。

1.4.4 施工平面布置

1. 布置原则

(1) 根据工程特点和现场周边环境的特征,充分利用现有施工现场的场地和布置,做好总平面布置规划,满足生产、文明施工要求。

(2) 做好现场平面布置和功能分区,对现有临建及管线进行调整。

(3) 加强现场平面布置的分阶段调整,科学确定施工区域和场地平面布置,尽量减少专业工种之间交叉作业,提高劳动效率。

(4) 加强平面施工的检查及监督整改,保证场内施工道路通畅。

(5) 各项施工设施布置要满足方便生产,有利生活,安全防火,环境保护和劳动保护要求。

(6) 因地下室与外部地下结构空间相连,地下室结构施工完后必须拆除基坑北面现有的办公设施并移位重新布置。

(7) 由于施工现场的场地非常有限,现场布置办公用房、必要的食堂、厕所及钢筋车间、材料堆场等,且根据不同施工阶段进行必要的移位调整。

(8) 由于基坑边距离围墙较近,基础施工阶段现场只沿基坑边设置人行道路,施工车辆通道均利用现场外道路。

(9) 局部地下室顶板结构施工完毕后,对地下室顶板进行加固,用作钢结构堆场及现场行车道路。

2. 总平面布置

(1) 地下室施工阶段现场基坑北面的临建设施及西面的现有宿舍予以保留，现场西南角围墙内加建一栋两层办公室；土建堆场、车间布置在南面围墙内基坑边及西北面基坑的底板上，靠富力中心的基坑斜坡搭设钢管脚手架后用作安装堆场及车间，其余基坑周边主要做临时周转材料的堆场。现场设置三台 QTZ80 塔吊，另于主塔楼核心筒内设置一台 K40/21 塔吊，见图 1-4、图 1-5。

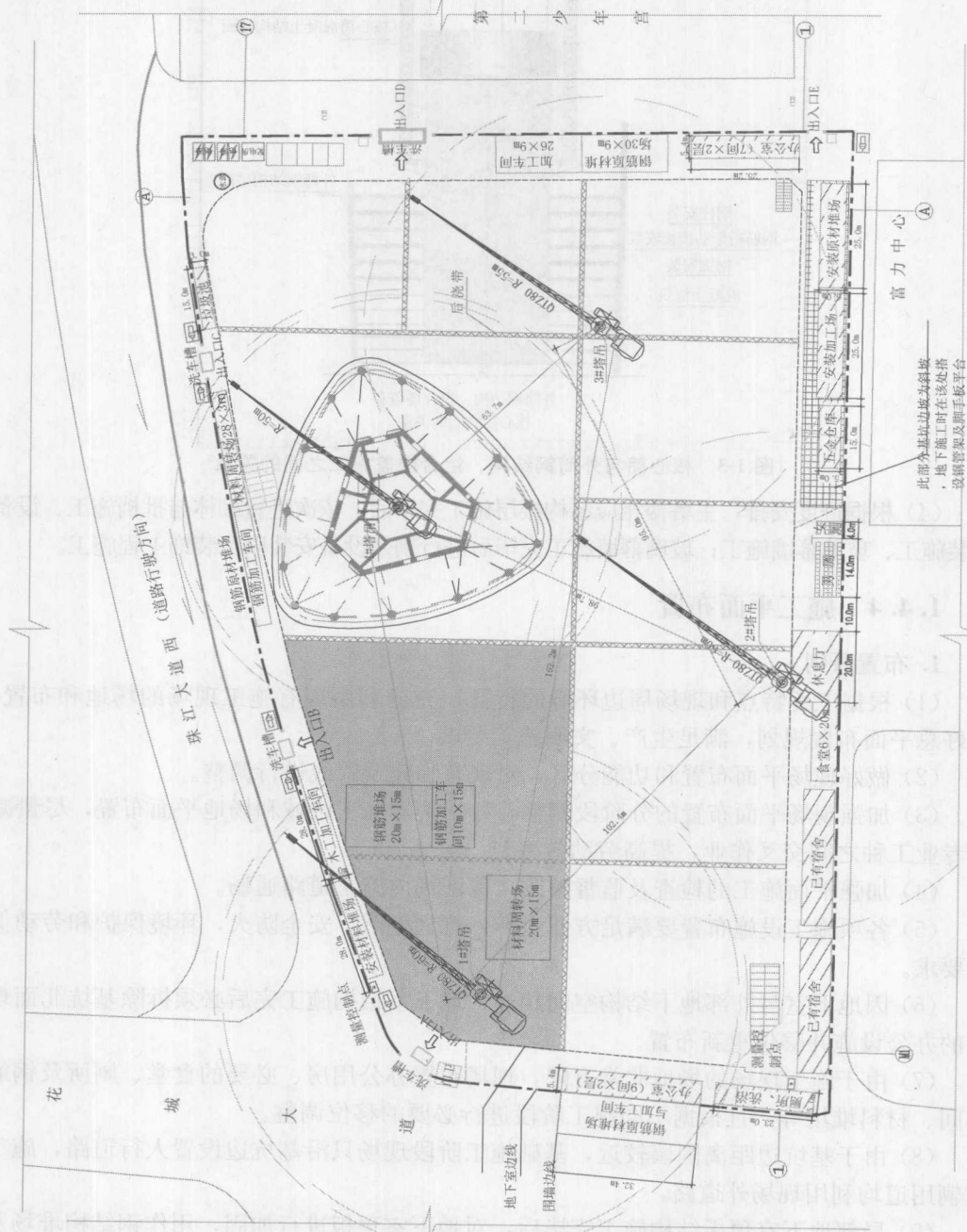
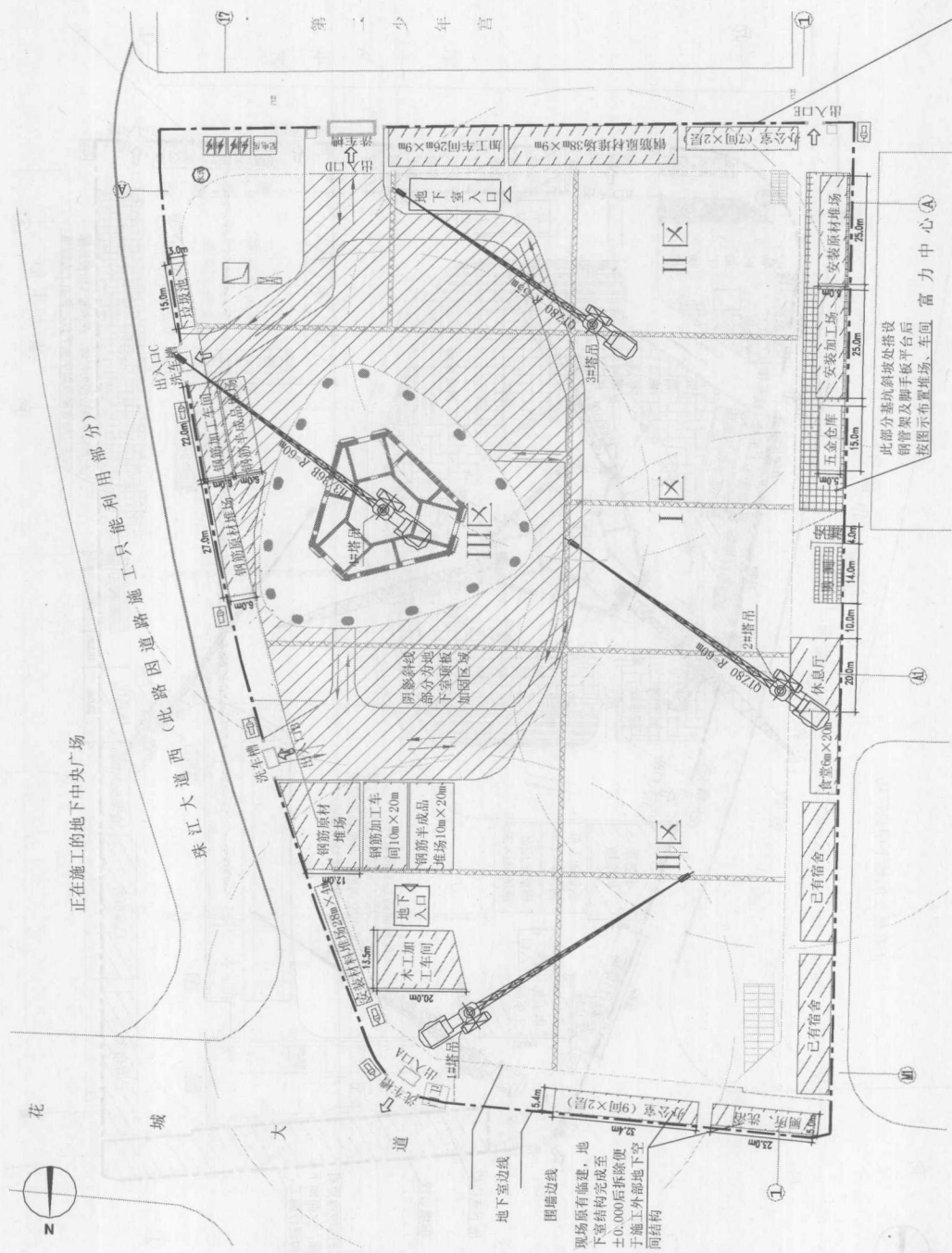


图 1-4 地下室施工阶段平面布置图



(2) 主体施工阶段由于北面地下室空间结构的施工, 将北面的临建设施拆除, 在裙楼南侧地库顶板上加建办公室, 此时在附楼东侧及主塔楼东侧布置土建堆场、车间。安装堆场、车间则移位到南面, 主塔楼周围布置钢结构堆场及道路, 主塔楼布置三台 M900D 塔吊, 见图 1-6。

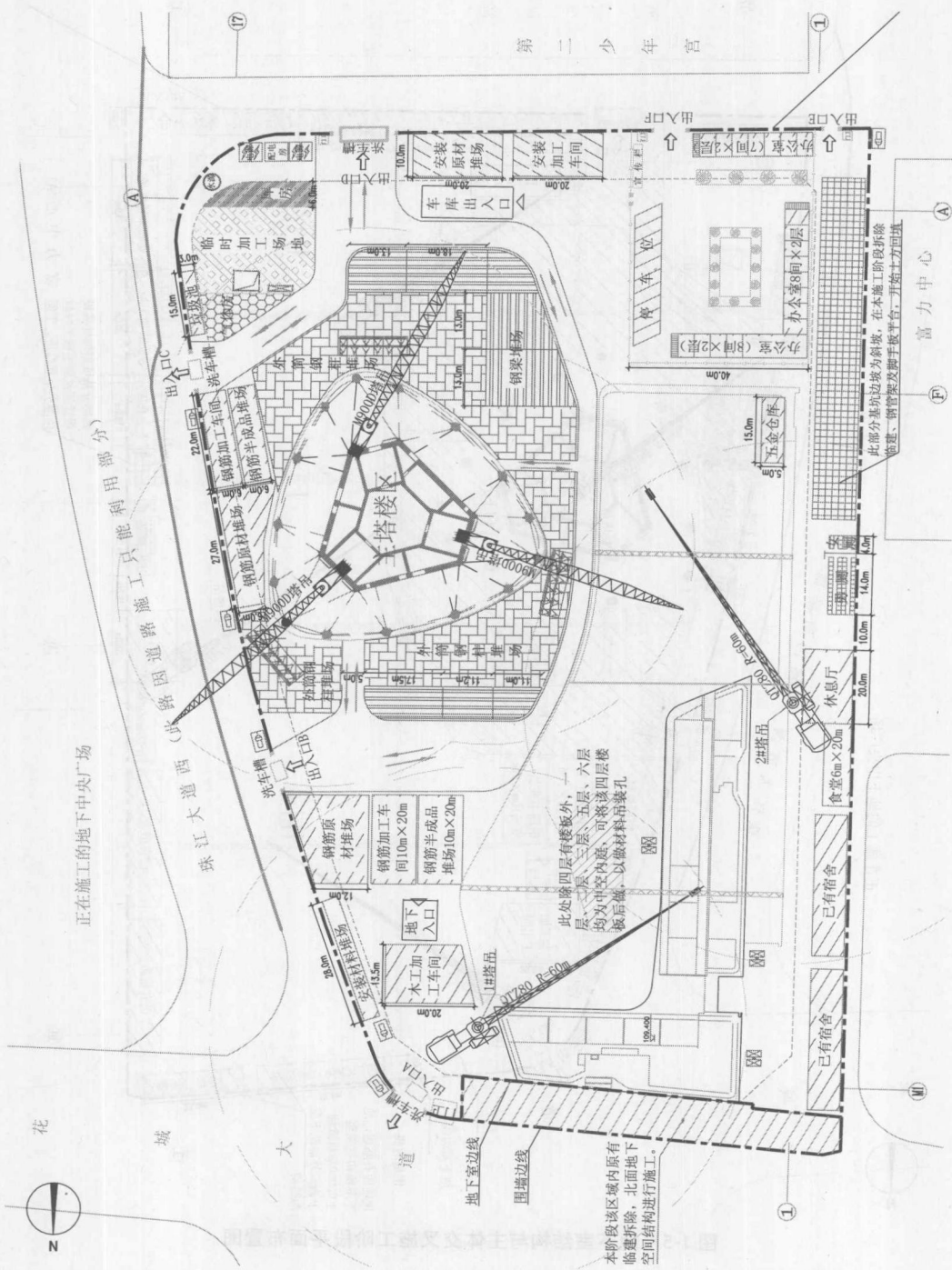


图 1-6 主体结构施工阶段平面布置图

(3) 装修插入阶段裙楼南侧布置粗装修材料的堆场及搅拌机棚, 裙楼范围内的东侧首层增加设置粗装修材料堆场及搅拌机, 附楼全面装修施工阶段将附楼东面地下室