

建设工程

施工新技术应用案例

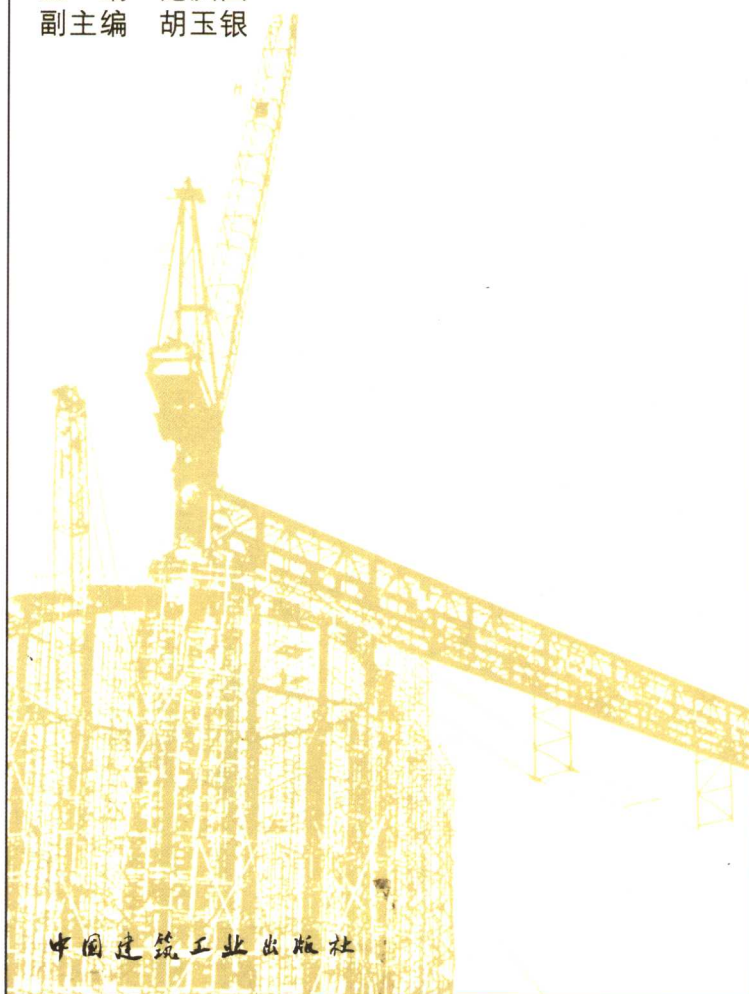
(“十五”期间)

上海建工集团 组织编写

顾 问 叶可明

主 编 范庆国

副主编 胡玉银



中国建筑工业出版社

建设工程施工新技术应用案例

（“十五”期间）

上海建工集团 组织编写

顾 问 叶可明

主 编 范庆国

副主编 胡玉银

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建设工程施工新技术应用案例(“十五”期间)/范庆国

主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2007

ISBN 978-7-112-08973-4

I. 建… II. 范… III. 建筑工程—工程施工—新技术应用—案例—汇编 IV. TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 001061 号

本书是上海建工集团“十五”期间在建设工程中施工新技术应用案例汇编, 主要内容有: 第一篇地基基础工程; 第二篇结构施工工程; 第三篇施工机具; 第四篇道路、桥梁、隧道与特种工程; 第五篇装饰装修工程。

本书所介绍的施工新技术, 有很好的示范作用, 可促进施工新技术的推广, 是工程技术人员提高业务水平、开阔眼界和自学的必备参考书。

* * *

责任编辑: 周世明

责任设计: 赵明霞

责任校对: 沈 静 王雪竹

建设工程施工新技术应用案例

(“十五”期间)

上海建工集团 组织编写

顾 问 叶可明

主 编 范庆国

副主编 胡玉银

*

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

北京天成排版公司制版

世界知识印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 41 字数: 1020 千字

2007 年 2 月第一版 2007 年 2 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 90.00 元

ISBN 978-7-112-08973-4

(15637)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

《建设工程施工新技术应用案例》
编辑委员会

顾问：叶可明

主任：范庆国

副主任：龚 剑 张福余 吴欣之 高振锋 胡玉银

编委：（按姓氏笔画为序）

邓文龙	王 杰	王正平	王美华	王辉平	朱毅敏
杜伟国	李定江	李迪斐	邱锡宏	周如雯	张 越
郁 蕙	钟伟荣	钱 进	黄跃申	曹鸿新	蔡忠明
魏 民					

与时俱进、开拓创新

——写在《建设工程施工新技术应用案例》出版之际(代序)

中国工程院院士 上海建工集团顾问总工程师 叶可明

“十五”计划期间,上海建工集团步入快速、稳步发展的新阶段。五年来,集团承建了上海环球金融中心、世茂国际广场、港汇广场、长峰商城、磁浮示范线、F1国际赛车场、卢浦大桥、东海大桥、铁路南站等一大批上海标志性项目。与此同时,实施“走出去”的战略也取得了初步成效:先后参与承建了北京国家大剧院、广州国际会展中心、重庆江北机场、孟加拉国际会议中心、柬埔寨西公河大桥等国内外著名工程。这些彪炳史册的划时代建筑,在建筑施工技术方面已处于国际先进水平,个别为世界领先,《建设工程施工新技术应用案例》采撷的仅是其中的一部分,它不仅蕴涵着上海建工集团广大科技工作者的心血和智慧,也从另一侧面反映了上海建工落实科学发展观、坚持以科技兴企的历程。

一、坚持科技兴企,人才为本,逐步健全创新团队

为了应对建筑市场日趋激烈的竞争形势,提升核心竞争力,占领高端市场,上海建工集团始终贯彻“以人为本”的方针,积极加强科技队伍建设,依托集团品牌大量引进高层次人才,为科技创新队伍补充了新鲜血液。首先,在上海市人民政府及有关部门的支持下,集团先后成立了国家级技术中心和博士后工作站,使高层次工程技术人才培养有了新的途径。并积极利用社会资源培养科技领军人才,提高科技创新队伍建设水平,五年来先后有8人次获得上海市创新团队、优秀学科带头人和启明星计划资助。其次是加强与国际同行合作,“走出去、请进来”,加大国际技术交流力度,先后组织了第二届上海国际土木建筑施工技术研讨会和三次中日土木工程技术交流活动,组织部分技术骨干赴日本等国家进行技术考察,及时掌握了发达国家土木工程技术发展的新动向,拓展了集团科技创新工作视野。再次是积极探索产、学、研合作新途径,在积极发挥科技创新主体作用的同时,先后与同济大学、上海交通大学、上海大学、上海市政设计研究院、上海建筑科学研究院、华东建筑设计研究院、中国船舶总公司第九设计研究院、上海材料研究所、煤炭科学研究院上海分院等高等院校和科研院所合作,实行资源共享、优势互补,从而为科技创新奠定了坚实的人才基础。五年来,集团先后承担市级以上重点科研项目达50余项,其中国家863重大专项2项,为历史之最。

二、与时俱进,在重大工程实践中提升施工技术水平

科技创新为重点工程建设提供了有力支撑,反过来重点工程建设又为科技创新提供了

广阔舞台,使集团既有核心技术竞争力得到明显提升。在超高层建筑工程、地下空间开发利用、大跨度钢结构工程、大跨度桥梁工程、隧道工程、水(海)上工程等施工技术的行业领先地位得到进一步巩固。

(一)超高层建筑施工技术有了新发展。通过承建上海环球金融中心、世茂国际广场、港汇广场、长峰商城和廖创兴大厦等工程,集团的超高层建筑施工技术有了新发展。形成了适合超高层建筑施工特点和环境保护要求的深基坑工程技术,如软弱地基基坑开挖深度突破20m,以逆作法为主要内容的环境保护技术也日趋完善;高强度大体积混凝土一次连续浇捣突破2.8万 m^3 ,创造了大体积混凝土施工技术的新记录;钢平台整体提升模板技术进一步智能化,可适应结构复杂体型变化;轻骨料、自密实和高强高性能混凝土技术日趋成熟,并在工程中大规模应用,这些案例的成功建设为集团积累了多种条件下超高层建筑施工新经验。

(二)地下空间开发技术上了新台阶。在上海铁路南站特大型地下工程建设和施工中,发展了中心岛与逆作法相结合的基坑围护方案,大大改善了土方工程作业条件,提高了施工效率。在上海人民广场综合改造中,解决了超深地下工程施工与近距离运行地铁车站保护的难题,为实现地铁零换乘提供了科技支撑,也为今后地下多层交通枢纽建设积累了工程经验。此外,为应对地下空间开发环境保护要求高、开发深度大的形势,开发大深度气压沉箱和巨型盾构也取得了阶段性成果。

(三)大跨度钢结构安装技术更加丰富。在重庆江北机场新航站楼钢结构安装工程中,进一步开发了整体顶推平移技术,这是集团大跨度钢结构整体平移技术的新发展。在国家大剧院钢壳体施工中,实现了钢结构吊装与工程控制的密切结合,解决了大跨度柔性结构施工过程中的内力和变形控制问题。在上海铁路南站主站屋盖钢结构安装工程中,采用旋转吊装法,并开发了“大跨度张弦式回转龙门吊”,解决了直径278m特大跨度圆形候车厅钢结构屋盖的安装难题。在上海旗忠森林体育城网球中心钢结构工程施工中,开发了旋转顶推滑移工艺,解决了旋转开启式钢屋盖施工安装技术难题,其安装精度达到了机械设备工程的要求。

(四)大跨度桥梁施工技术实现大跨越。集团综合运用已掌握的斜拉桥、钢拱桥和悬索桥施工技术,成功建造了世界第一跨度的拱桥——上海卢浦大桥,实现了集团桥梁施工技术的一大跨越。在洋山深水港东海大桥主通航孔工程中,针对海上施工风大浪急作业时间短的困难,开发了具有自主知识产权的蜂窝状浮箱工法,将桩基工程和承台基础工程施工设施合二为一,并创造了海上混凝土一次浇捣8000 m^3 的国内纪录,大大缩短了施工工期;采用科学的施工控制技术,克服了桥面刚度大、桥形可调性差,箱梁制作周期长、合龙数据确定要求高,海上环境温度变化规律复杂三大难题,使桥面和斜拉索安装始终处于受控状态,实现了主桥桥面系顺利合龙。东海大桥主通航孔工程的成功建设表明上海建工集团桥梁施工技术实现了由内河向外海的巨大跨越。

(五)隧道施工技术有了新突破。集团的隧道施工技术已经成功走向全国,在深圳、南京和广州等城市的地铁建设中发挥了积极作用,基本掌握了软土、砂土和岩石等多种围岩条件下的隧道盾构法施工技术。如在浙江国华宁海发电厂进水隧海工程中,针对土层碎石、卵(砾)石含量高,渗透性强,地下水丰富的情况,开发了具有自主知识产权的气压—土压平衡复合盾构机,解决了土压平衡盾构机在高渗透土层中无法施工的难题。针对国内

隧道工程大发展,在积极消化吸收的基础上,成功完成双圆盾构隧道施工,并正在研究双圆盾构的新用途。

(六)水上工程技术取得新进展。在舟山引水工程中,大胆进行工艺创新,并研制了着地式可调浮托管架和水力喷射埋设机等装备,运用常规的铺管船,解决了海上恶劣作业环境下的大直径薄壁钢管敷设难题。

三、开拓创新,施工技术研究领域不断拓展

“十五”期间,集团施工领域不断拓展,广大科技工作者充分抓住有利机遇,开拓创新,大力拓展施工技术新领域,为集团经营生产提供了有力支撑。

(一)磁浮工程施工技术。在承建世界上第一条正式运营的磁浮专线工程中,成功开发了关键的预应力钢筋混凝土轨道梁,加工制作精度达到1mm,同时轨道梁的综合施工误差也小于1mm,为磁浮工程实现零高度飞行创造了良好条件。在工程实践中,集团科技工作者发挥自己的聪明才智,全面掌握了磁浮设备系统安装调试技术,并自行设计制造定子线圈敷设安装专用车,敷设速度超过德方提供的自动敷设车,为磁浮列车顺利试运行提供了有力的保障。

(二)高等级道路施工技术研究上了新台阶。为适应集团开拓高等级道路工程市场的需要,我们结合合同三国道(上海段)的建设,全面掌握了软土条件下高等级道路施工成套技术。特别是通过承建上海F1赛车场工程,将以高等级高路堤工后沉降控制为主要内容的道路施工技术研究引上了一个新台阶,通过地基加固、堆载预压、排水固结和路堤轻型化等综合措施,将路堤高度提高到8m。

(三)建筑工业化技术跨入世界先进行列。针对建筑施工工期日趋紧张、现场作业环境更加复杂的形势,积极开发和推广应用建筑工业化技术,提高施工效率。集团现已全面掌握了高速磁浮轨道系统、节段梁高架道路和大型体育场馆看台的高精度构件预制装配成套技术。开发的高精度预制(住宅)装配式构件——PC清水阳台挂板,表明集团建筑工业化技术跨入了世界先进行列。

理论是实践的升华,又是再实践的指南。回顾过去,认真总结,为的是与我国建筑施工同行交流共享经验和成果,加速施工技术发展,《建设工程施工新技术应用案例》在某程度上起到了这方面的效用;瞻望未来,任重道远,我们建筑业的科技发展还面临着不少困难和问题。主要是:科技自主创新能力有待加强,有自主知识产权的成果还不多;企业科技创新主体地位还不够突出,科技开发投入有待增加;科技资源配置有待进一步改善,科技创新合力还未凸显;高水平的科技创新人才,尤其是国内一流水平的科技创新团队仍比较缺乏;与国内外同行的科技交流还处于起步阶段,需要进一步探索利用社会科技资源提高科技创新能力的新途径。在这方面,我们愿与全国建筑业同行一起努力,以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导,进一步改善科技创新环境,大力优化科技资源配置,坚持集成创新和原始创新相结合,不断增强科技自主创新能力,为我国和谐社会的建设和人类发展作出重大贡献!

2006年11月12日

目 录

综述——特殊环境下超高层建筑施工技术	1
第一篇 地基基础工程	11
超深 SMW 工法桩在基坑围护中的应用	12
40000m ² 超大面积深基坑逆作开挖的施工实践	15
高低跨深浅坑异形区间隧道的施工技术	21
地铁线上轻轨站的改造与托换施工技术	27
1.8m 厚板式转换层施工技术	32
东方艺术中心复杂深基坑围护施工技术	37
上海环球金融中心主楼基础特大体积泵送混凝土技术研究与应用	42
机场滑行区联络通道水泥土搅拌桩复合地基的特性研究	48
三轴搅拌桩地基加固在滑行区下穿式联络通道中的应用	54
与地下铁道围护位置冲突的建筑深基坑逆作法施工技术研究	60
紧靠已建高层建筑的超深地下结构施工技术研究	65
逆作法施工在城市地下空间开发中的应用	71
逆作法施工中支承格构柱采用气囊法智能调垂施工技术	78
坑外减压井在超深超大基坑施工中的运用与技术研究	83
上海九百城市广场深大基坑围护成套施工技术研究	88
在平面不规则的大型深基坑中应用三层圆环混凝土支撑的施工实践	93
大型地下车库逆作法土方工程施工技术	98
上海 M8 线淮海路地铁车站 43.0m 超深地下连续墙钢筋笼吊装	104
上海明珠线二期天钥桥路车站换乘段—22m 超深基坑施工	108
超深基坑施工变形的预测与控制	115
地铁车站深达 24.6m 的基坑降承压水施工	121
特级环境保护要求下的地铁车站施工控制技术	125
逆作法机械化挖土技术在地铁车站施工中的应用	133
闹市狭地深基坑“双向双作用”支护方案的设计与施工	139
闹市区深基坑逆作法施工的环境控制	146
特殊环境下的大型不规则深基坑施工技术	150
分级放坡挖土在超大型深基坑工程中的实践与应用	155
结构中心岛盆边逆作法在地下车库施工中的应用	163
高层建筑深基坑逆作法施工的控制	171
旧城区改造中深大基坑围护的设计与施工优化	176
旧城区超深基坑施工中如何加强对周边环境的保护	180

闹市区深基坑施工中对零距离管线的保护前期技术研究	188
紧邻地铁的建筑深基础工程施工	195
改进型止水钢板桩支护体系的应用	201
高层建筑深基坑采用 74m 直径环形支护结构的设计与施工	205
块石填海地区深基坑围护工程的设计与施工技术	210
重力式格形地下连续墙的槽壁稳定方法	216
建筑基坑施工信息化实时检测系统的研制与应用	221
周边管线变形异常情况下的大面积深基坑施工	226
第二篇 结构施工工程	233
在铁路正常运行环境下车站主站屋施工技术	234
上海铁路南站主站屋特大环形平台结构综合施工技术	241
上海磁悬浮列车龙阳路车站关键施工技术	249
上海国际赛车场看台工程施工	257
上海新国际博览中心超万平米耐磨地坪的施工	263
大截面柱高强度等级混凝土施工及其温度控制	266
高等级宾馆建筑混凝土结构加固技术的研究与应用	270
上海世茂国际广场大厦巨型钢桁架转换层施工	278
上海浦东高桥物流转运中心超长无粘结预应力后张法施工技术	285
大型箱涵裂缝控制与施工技术的研究	291
大型公共建筑铝塑复合板屋面的设计和施工技术	296
雨水排海工程水下混凝土消力池施工	300
上海力宝广场大厦金字塔形屋面及其独立旗杆安装施工技术	305
大荷载有粘结预应力转换大梁施工技术研究	309
中华第一住宅楼——上海世茂滨江花园超高超长主体结构施工技术	313
超高层建筑应用高强混凝土的施工技术研究	322
钢筋混凝土仿古建筑结构的施工技术实践	327
高层建筑的预制构件安装及灌浆施工	335
上海铁路南站中心支撑系统安装工艺	339
大型壳体钢结构安装施工与技术——国家大剧院钢结构施工介绍	343
国家大剧院钢壳体卸载方案分析	356
上海科技城超大钢结构屋面及中央厅卵形单层铝钛合金网壳施工	361
上海旗忠森林网球中心钢结构工程施工技术	365
多弧度不规则曲线结构施工技术	370
亚洲最大的展览场馆——上海新国际博览中心大跨度柔性钢结构 安装施工技术研究	375
大型钢结构屋盖旋转顶推施工控制技术	384
108m 跨无柱曲面拱形网架折叠展开提升施工新技术	389
超高层建筑结构顶端之桅杆安装方法	396
重庆江北机场航站楼巨型钢结构整体平移安装技术	402

南京奥林匹克主体育场钢屋盖工程安装工艺	411
第三篇 施工机具	419
上海卢浦大桥墩柱盖梁斜撑高排架的设计和施工	420
新型索排架结构体系的应用研究	424
液压整体提升模板在内筒外框超高层建筑结构工程中的应用	428
下沉式作业平台在金茂酒店中庭穹顶装饰施工中的应用	433
高空桥式滑移脚手在上海浦东国际机场候机楼候机大厅 室内吊顶施工中的运用	437
卢浦大桥主桥桥面吊机的设计及应用	443
架桥机在大跨径组合段及匝道 T 梁施工中的研究及运用 ——卢浦大桥浦西引桥龙华东路段 T 梁吊装施工	448
第四篇 道路、桥梁、隧道与特种工程	453
跨沪宁高速公路的 67m 钢梁拖拉法施工技术	454
沪闵高架二期巨型钢箱梁无障碍施工工艺	460
东海大桥主塔承台及塔座海工抗侵蚀大体积高性能混凝土研制	464
东海大桥主桥桥面安装移动操作平台设计和应用	470
海上超大型钻孔灌注桩新工艺施工探索	475
主跨 1385m 的江阴长江大桥主体结构安装施工技术	481
用于江阴长江大桥主缆架设的“猫道”系统施工	485
江阴长江大桥主缆施工技术	490
上海卢浦大桥主桥三角区 9 号桥面板滑移吊装技术	495
上海卢浦大桥主桥钢结构现场焊接技术	499
上海卢浦大桥主桥中跨桥面吊装施工技术	506
上海卢浦大桥水平索多跨连续“猫道”的设计与架设	510
平整度 2 倍于高速公路——上海国际赛车场超级赛道施工技术	514
东海大桥主通航孔主塔墩蜂窝状钢浮套箱平台的设计研究与应用	518
光面爆破技术在高等级公路石质路堑开挖中的应用	526
天津海河大桥主塔冬期施工	530
舟山市大陆连岛工程桃夭门大桥大跨宽幅混凝土箱梁施工技术	534
青洲闽江大桥过渡孔大跨度 T 形梁的预制与安装	540
在软弱河床中施工大体积桥墩基础——上海卢浦大桥浦西主墩 地基处理技术及对周围建筑的保护	546
双层高架桥 Y 形墩台立柱模板施工技术	551
异形筒衬分离式现浇钢筋混凝土烟囱施工	556
我国最大的船坞——上海外高桥造船基地船坞施工技术	560
穿越长江中的“水底胡同”——水底光缆敷埋作业中的偏差控制	566
输水“长龙”通向舟山——大口径、薄壁钢管道的海底敷设施工技术	569
混凝土顶管气压作业法施工	575
“T”形沉井的下沉施工技术	580

双圆盾构混凝土衬砌管片预制技术的研究和应用	585
软土地基浅覆土条件下大坡度钢管施工技术	596
第五篇 装饰装修工程	601
建筑装饰施工方式研究	602
以预应力技术控制超大型曲线形地下室外墙裂缝	610
地铁车站超长结构裂缝控制综合防治技术	612
大跨度大弧形彩钢屋面设计与施工技术	616
大面积薄型钢筋混凝土墙体裂缝控制	625
大面积联锁块铺砌工艺及其在瓜达尔港口项目中的应用	628
上海政协俱乐部装饰工程非常规细部处理技术	636
办公楼外墙大面积清水混凝土施工技术	639
空心玻璃砖砌体结构的设计及施工应用	643

综述——特殊环境下超高层建筑施工技术

1 超高层建筑发展的新趋势

进入 21 世纪,上海市超高层建筑的发展呈现出新的特点,主要有如下三个方面。

一是超高层建筑新建与老城区功能提升相结合。伴随着老城区的不断的建设,使得区域功能愈来愈得到增强,适应这种需求,超高层建筑也不断兴建,这就使得局部区域内的超高层建筑密度越来越大,也使得超高层建筑的建造环境发生了很大的变化,由原来场地开阔、环境宽松、人流稀疏逐渐转变为场地狭小、环境保护要求高、人流密集。由于这种变化,使超高层建筑建造过程中的环境保护、安全防护等问题变得非常突出。另外一种典型的情况是,伴随着轨道交通等的发展,生命线工程也渐渐密布了城市的交通网络,由于土地和方便出行的原因,紧邻生命线的超高层建筑也越来越多,这对超高层建筑深基坑施工过程中,确保生命线工程和结构施工本身的安全都对施工技术提出了极高的挑战(图 1 为陆家嘴金融区远景)。

二是超高层建筑由单纯追求高度方面的发展,到同时追求形体的特异和立面的丰富多彩,如上海世茂广场(图 2)就是这类结构的典型代表。在结构功能得到提升、造型优美新颖的同时,也使上部结构的施工技术难度大大增加。如模板体系,施工机械

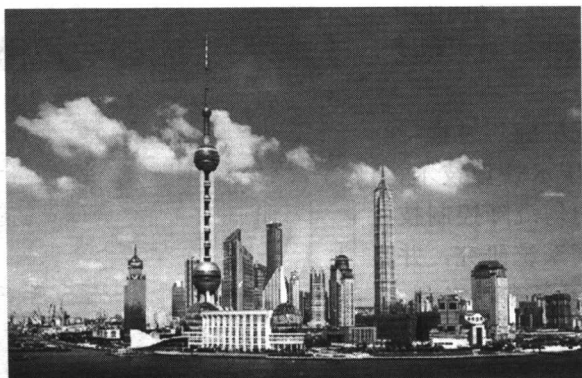


图 1 陆家嘴金融区



图 2 上海世茂广场

设备等的选择和使用都产生了以往超高层建造所没有遇到的问题。

三是超高层建筑由一次建成交付使用,到为了进一步提高投资效率,而采用分阶段建设交付使用。因此建设过程中必然面临部分施工,部分开业或者上部施工,下部开业的情况,这对施工过程中的人员安全、环境保护、场地利用等绿色施工技术提出了新的挑战。

上述情况即特殊环境条件下超高层建筑建造所面临的特点和难点,我们结合典型的重大工程,对特殊环境条件下超高层建筑的施工技术进行了深入的研究,取得了丰富的成果。

2 特殊环境下超高层建筑施工技术

2.1 深基坑施工环境影响的控制技术

超高层建筑深基坑的施工时,对周边环境或多或少存在一定的影响。主要原因是深基坑土方开挖过程是土体卸载过程,会造成周边建筑、管线或地下结构产生一定量的沉降和偏移,因此深基坑施工过程中,对周边环境影响的控制是至关重要的。特别是紧邻生命线工程的超高层建筑的施工,深基坑的施工过程中的变形控制的良好与否,事关生命线工程和超高层施工过程中的安全,需要特别关注。

采用现代控制理论,对深基坑施工过程进行控制,可以有效地解决这个难题。目前工程控制方法与系统主要有三大类:开环控制、闭环控制和自适应控制。其中开环控制属经典工程控制方法,非常成熟,但由于不存在反馈系统,开环控制不能根据施工过程情况调整控制措施,控制精度比较低。闭环控制属现代工程控制方法,由于包含反馈系统,能够根据结构状态监测结果不断调整控制措施,适合结构复杂的工程,控制精度比较高。自适应控制属最新的工程控制方法,理论研究和工程实践都取得一定成果,但总体上还处于探索阶段。目前,闭环控制方法是深基坑施工过程控制的有效的方法。

深基坑施工控制技术主要通过围护方案优化、土方开挖过程优化、信息化施工等来实现。基于上述分析和研究,特殊环境下深基坑施工的总体思路和方法是以现代工程控制理论为指导,以结构—岩土共同作用分析方法为手段,通过施工方案的优化达到施工过程环境受控的目的。

在总体方法的框架下,我们对深基坑施工过程中所涉及到的安全封闭和拆除技术、承压水处理技术、挖土工艺、支撑处理技术、桩墙的不均匀沉降控制技术、环境保护技术等专项技术也进行了系统研究,并形成了行之有效的专项施工技术,取得了多项专利。这些技术在上海长峰商城深基坑施工过程中得到了成功的应用(图3)。长峰商城基坑面积约22000m²,主楼最深处达-22m,紧邻地铁2号线和3号线,最近处

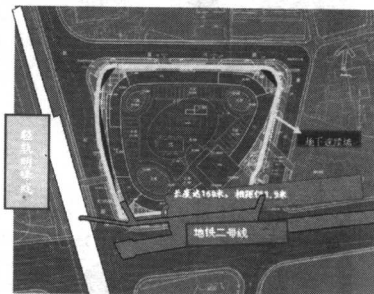


图3 长峰商城深基坑施工

仅 1.9m, 且地处市区建筑高密度、施工场地狭窄的区域。它的成功建设, 为特殊环境条件下深基坑的施工提供了宝贵的经验。

2.2 地上结构施工技术

2.2.1 斜爬体系的设计和应用

在以往超高层建筑建造过程中, 电动脚手架等模板系统得到了广泛的应用, 在结构立面垂直时此类体系具有良好的适应性, 但当结构立面为斜面或者曲面的时候, 这类体系会遇到很大的困难。而在闹市区的超高层建筑施工时, 通常面临场地狭小, 距离地面交通近的实际情况, 因此必须采用安全可靠的脚手和模板体系, 这样既可以保证工程顺利的进行, 又可以兼顾周边闹市区的安全。因此在结构体系具有较为特殊的形体, 如立面呈斜面和曲面的情形下, 模板体系的选用则具有很高的难度。针对这个问题, 经过研究开发, 创新性地提出了一种斜爬模体系(图 4), 可以充分适应高层建筑种特殊外立面的要求。



图 4 斜爬脚手体系

这种斜爬模体系在上海长峰商城斜曲面的施工中得到了成功的应用。其施工流程如图 5 所示。

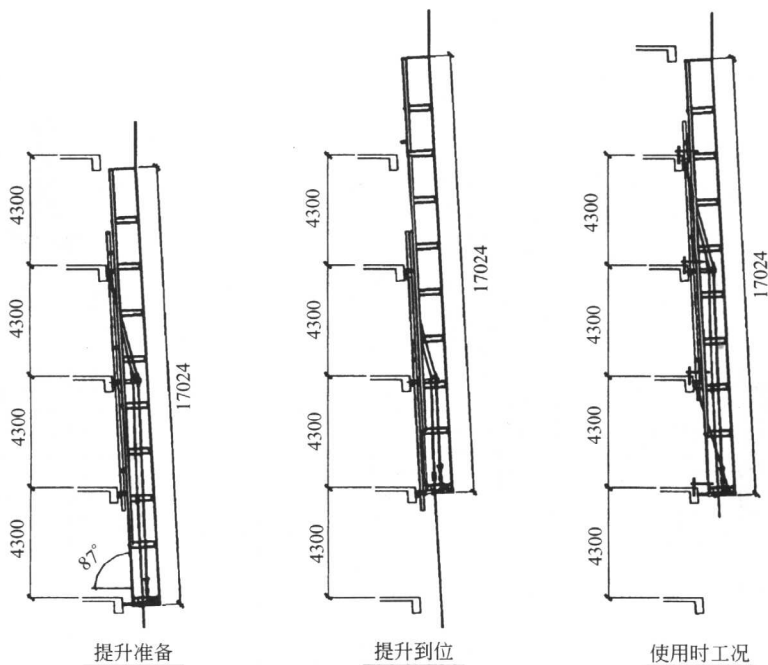


图 5 施工流程

2.2.2 可收分整体提升钢平台技术

整体提升钢平台具有整体性好、安全性高、施工操作面大等优点,因此在超高层建筑核心筒施工中得到了广泛的应用。但是如果核心筒形状上下变化较大,则整体提升钢平台面临收分处理的困难(图6)。

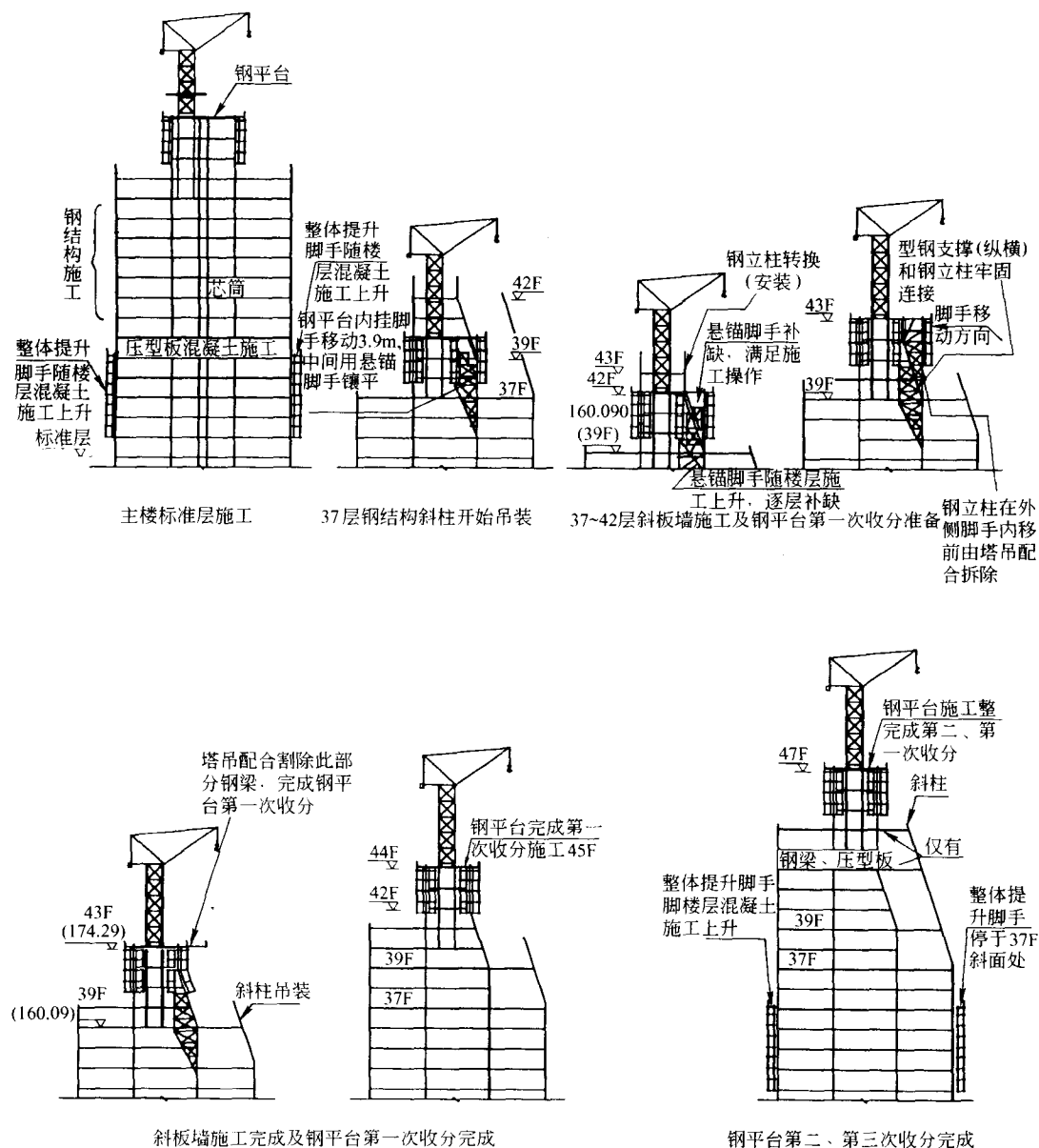


图6 整体提升钢平台收分过程

针对这个问题,我们研究开发了可收分整体提升钢平台体系(图7)。其组成和工作原理如下:在核心筒剪力墙上设格构柱,用钢梁和钢板搭设平台,内外脚手悬挂于钢平台下,采用升板机将整个钢平台随楼层施工进行提升。遇到核心筒向内倾斜收缩时,自升钢平台的支撑钢柱开始裸露,此时将部分脚手和钢梁拆除,然后将核心筒的挂脚手内移,其空档部分用悬锚脚手镶平。如施工要经历拆除部分内脚手和拆除部分钢梁的过程时,则在剪力墙增设悬锚脚手,随楼层上升逐层补缺,满足施工操作。在此过程中,如遇钢平台的型钢支撑柱裸露在外,应用型钢斜向设置支撑,加固这些钢立柱,型钢斜撑纵横全部拉通,并且这些型钢斜撑必须和剪力墙外侧新增设的悬锚脚手有可靠的拉结,形成稳固的整体。当施工到位,结构竖直时,拆除剪力墙外侧型钢斜撑和悬锚脚手,将悬挂在钢平台下的外脚手架向内移动到位,然后利用塔吊配合割除多余的钢梁,完成钢平台的收分。这种体系在上海世茂国际广场核心筒施工过程中得到了成功的应用。

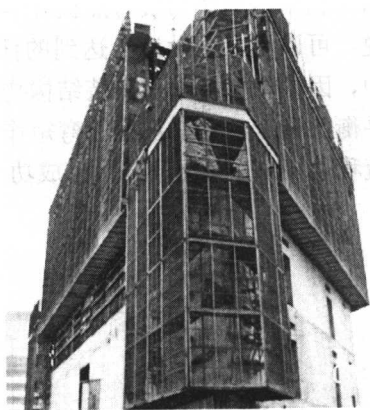


图7 可收分整体提升钢平台体系

2.2.3 钢结构塔桅安装技术

超高层建筑由于建筑造型或功能的需要,通常在结构顶部设置钢结构塔桅。目前顶部塔桅的施工方法主要有三种,一是采用塔吊散装,二是采用整体提升,三是采用直升飞机吊装。第一、二种方法依赖于顶部的施工作业面和结构形式,第三种则风险很大。因此在顶部施工作业面有限,且塔桅高度大、重量重的情况下,其施工必然面临很大的困难。针对这种情况,我们研制成功了自主知识产权的攀升吊技术。

攀升吊(图8)用于高耸结构安装,具有自我循环的特点,即附着于结构本身安装结

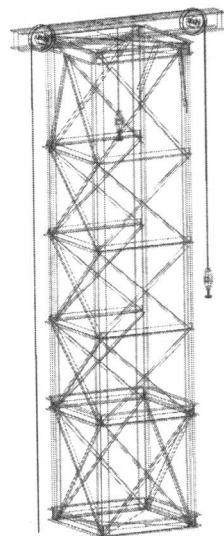
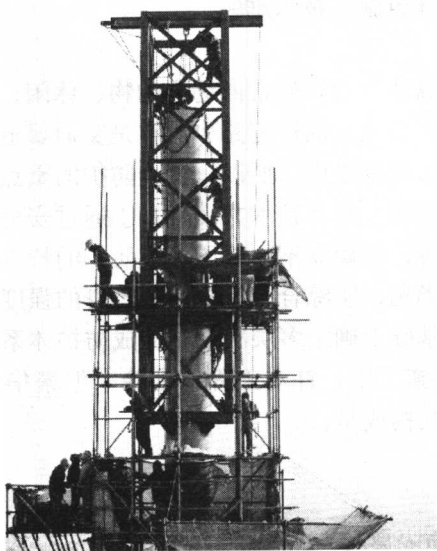


图8 攀升吊技术

构,利用结构作为反力点提升本发明装置,再附着固定该装置安装结构。因此,从理论上说,可以施工至设计所达到的任何高度。本装置结构设计合理,在垂直提升结构的过程中,因动力系统与被安装结构物对攀升吊产生的弯矩大小相等,因此在该过程中具有弯矩平衡的特点,无附加偏心弯矩作用于桅杆,因此不需要采取其他的辅助措施固定。其施工流程见图9。利用攀升吊已成功地安装了世茂广场86m高的桅杆天线。

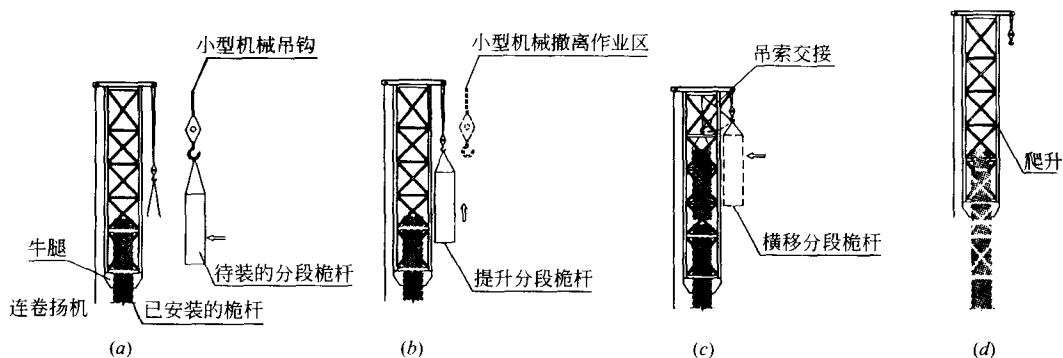


图9 攀升吊施工流程

2.3 绿色施工技术

在施工场地狭小的闹市区,进行超高层建筑的建造,特别是边营业、边建造的续建带来的新问题用以往高层施工技术无法很好解决。常规的(超)高层建筑施工技术是以垂直运输、模板脚手体系、测量技术等作为核心的,而在特殊环境下续建超高层,所遇到问题的核心内容是以安全防护为重点的环境保护问题和超高层续建所特有的超常规垂直运输、交通组织、现场布置、现场管理等一系列绿色施工技术难题。

2.3.1 安全防护技术

续建工程中,如果建筑部分已投入商业运营,通常商场内购物、休闲、餐饮、娱乐设施齐全,顾客会络绎不绝,且由于地处闹市区,周边道路也通常是交通要道,人流、车流量极高,整个建筑群和周边道路都在施工范围之内。所以,安全防护的重点是防止发生超高层施工过程中的高空坠落对地面产生危害。具体技术方案是:①通过安全防护分析,确定需要实施防护的区域、需求和防护内容;②确立不同阶段施工防护的特点和重点;③考虑施工防护体系对行人、顾客和交通的影响;④综合了防护体系自身的强度要求、防火要求、维护方式、综合利用等因素。在此基础上确定多层次设施构成防护体系,明确各层次防护设施的作用。如在港汇广场(图10)施工中,针对工程地处徐家汇繁华商圈、裙房先行营业的特点,确立了三层防护体系,其构成是:

- (1) 施工操作层的全封闭围护;
- (2) “受落点”防护体系;
- (3) 分段布置的主楼四周外挑的钢质隔离架。