

广东土木工程施工 关键技术实例

(2014-2018)

广东省土木建筑学会 编

中国建筑工业出版社

广东土木工程施工 关键技术实例

(2014—2018)

广东省土木建筑学会 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

广东土木工程施工关键技术实例/广东省土木建筑学会编.
北京: 中国建筑工业出版社, 2018.8
ISBN 978-7-112-22472-2

I. ①广… II. ①广… III. ①土木工程-工程施工-工程技术-广东 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 163815 号

责任编辑: 杨 杰
责任校对: 姜小莲

广东土木工程施工关键技术实例

广东省土木建筑学会 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 25 $\frac{3}{4}$ 字数: 812 千字

2018 年 8 月第一版 2018 年 8 月第一次印刷

定价: 168.00 元

ISBN 978-7-112-22472-2
(32340)

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)

编写委员会

主编单位：广东省土木建筑学会、广东省土木建筑学会工程施工专业委员会

主 编：丁昌银

副 主 编：何炳泉 梁伟雄

编 委：令狐延 周 文 秦夏强 苏 汉 吴瑞卿 雷雄武

郭 飞 何德华 胡 杰 魏开雄 寇广辉 陈景辉

吴如军 劳锦洪 黎 强 李慧莹

协作单位：广州建筑股份有限公司

广州机施建设集团有限公司

中国建筑第四工程局有限公司

中建三局建设工程股份有限公司

中国建筑第八工程局有限公司

中铁广州工程局集团有限公司

中国二十冶集团有限公司

广州市第三建筑工程有限公司

广州市第四建筑工程有限公司

广州市恒盛建设工程有限公司

广州市第二市政工程有限公司

广州市第三市政工程有限公司

中建三局第二建设工程有限责任公司

中建三局第一建设工程有限责任公司

中建四局第六建筑工程有限公司

广东省六建集团有限公司

广州市胜特建筑科技开发有限公司

广东中城建设集团有限公司

前 言

2018年,广东省土木建筑学会工程施工专业委员会成立30周年。《广东土木工程施工关键技术实例》的出版,具有特别的意义。

广东一直是我国改革开放最前沿的阵地,经济发展迅猛,一直走在全国前列,GDP长期领跑全国。40年来,广东既是深化改革开放的先行地,更是探索科学发展的试验区。工程建设也不例外,建设投入空前巨大,建设规模领先全国,涌现了一大批技术一流、闻名全国的工程项目,有些项目更是在世界上也闻名遐迩。从早期的广州白天鹅宾馆,到开放后的深圳地王大厦,再到今天的港珠澳大桥;从九运会的广东奥林匹克体育中心,到亚运会的广州海心沙“亚运之舟”,再到世界大运会的深圳湾体育中心;广州西塔、广州电视塔……这些标致性的工程,无一不是建筑业的典范,其创新技术也充分体现了广东人“敢为人先”的时代精神。

服务会员、服务社会是学会的宗旨;交流学习、传承技艺是学会的使命。作为广东省土木建筑学会最早成立的专委会,一直致力于为全省同行打造交流的平台,创造学习的机会。鉴于广东省最近十几年土木工程所取得的丰硕成果,为使广大会员能快速了解全省最先进的创新技术,掌握最领先的施工工艺,同时也为了将这些倾注了无数优秀工程技术人员心血的建设科技成果得以保留和传承,2013年,第5届工程施工专委会编辑出版了《广东土木工程施工关键技术实例》(2007—2013),并同步召开了第5届广东省土木工程施工技术交流大会。今年,我们将继续召开第6届广东省土木工程施工技术交流暨工程施工专业委员会成立30周年大会。为此,我们编辑出版了这本《广东土木工程施工关键技术实例》(2014—2018)。

本《实例》收录了广东各地最近5年已完成竣工验收的典型工程项目,个别5年之前完工的、有较高技术含量的项目也拾遗录入。但遗憾的是,因篇幅所限,仍有部分优秀项目未能录入。在已经录入的这些项目中,既有房屋工程,也有市政工程;既有地铁工程,也有港口工程;既有新建工程,也有加固工程;有桥梁也有码头;有学校也有医院;有办公楼也有酒店;它们都是被推荐的优秀工程项目,能体现广东现有的技术水平,并具有较好的代表性。

当前,广东正按照“四个走在前列”的要求,谋划新的发展蓝图,广州地铁、广州机场、广州港的建设正全面加速。不难预见,南粤大地将会掀起新的建设高潮,我们期望本《实例》的出版,能将所涉及到的新技术、新材料、新设备、新工艺得以快速推广、广泛使用,迅速转化为最先进的生产力;同时我们更希望因此能进一步调动广大工程技术人员学习新技术、使用新技术、总结新技术的热情,共同为广东土木建筑行业的科技创新和技术进步做出更大的贡献。

本《实例》的顺利出版,得益于工程施工专委会全体会员的鼎力支持和广大工程技术人员的踊跃参与,同时也得到了广东省住房和城乡建设厅、广州市住建委、省内各市建设局及下属单位、各建筑学会、各相关企业,各会员单位以及许多专家学者的大力支持,在此一并致谢!

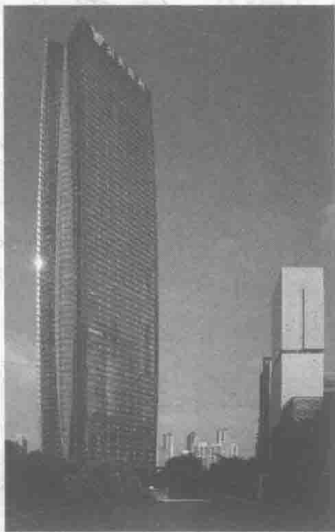
广东省土木建筑学会
工程施工专业委员会主任 丁昌银
2018年8月20日

目 录

越秀金融大厦工程	吴瑞卿 赖泽荣 张元斌 吴咏陶 潘正玉 (1)
中国南方航空大厦工程	邓恺坚 雷雄武 冯少鹏 杨 翔 李 泽 (27)
蔡屋围京基金融中心二期工程	令狐延 刘光荣 谭 翔 秦 瑜 段东东 (45)
太平金融大厦工程	魏开雄 冯苛钊 张朝正 吴云孝 夏承英 (69)
天环广场	邵 泉 娄 峰 李敏健 赵文雁 程 瀛 (86)
广佛江快速通道江顺大桥工程	周 文 王 保 庞文喻 刘中东 许 磊 (127)
广州香港马会马匹运动训练场 (广州第 16 届亚运会马术场赛后利用改造工程)	
.....	于 科 齐 朋 胡 杰 董 彪 杨海龙 (150)
广州市轨道交通十四号线一期【施工 13 标】土建工程	
.....	何炳泉 邱建涛 李小兵 李 振 莫 劲 (174)
深圳机场航站区扩建工程 T3 航站楼工程 ...	刘洪海 董晓刚 寇广辉 何凌波 胡衡英 (199)
珠海大剧院工程	王彩明 蔡庆军 王四久 曹 巍 李赛闯 (231)
珠海横琴新区市政基础设施 BT 项目综合管廊工程	
.....	许海岩 陈大刚 何 健 黄晓亮 高 原 (249)
广州国际体育演艺中心工程	冯文锦 张伟斌 江涌波 陈 刚 黎 强 (267)
汕头大学新医学院工程	劳锦洪 苏建华 麦永健 杜向浩 (290)
广州港南沙港区粮食及通用码头浅圆仓及配套工程 ...	赵自亮 李慧莹 王 辉 梁智欣 (306)
东莞篮球中心工程	蔡庆军 白才仁 嵇康东 杨文军 王彩明 (320)
君御海城国际酒店	陈景辉 张建基 (351)
新修隧道穿越既有桥梁基础托换的关键技术	
.....	吴如军 王 敏 陈 曦 唐 颖 张军宇 (362)
广州市兴丰生活垃圾卫生填埋场工程	郭一贤 陈建宁 颜 苓 焦世明 李 峥 (373)
澳门大学横琴岛新校区工程	黄振超 樊凯斌 梁永科 郭 飞 蒋 晖 (383)

越秀金融大厦工程

吴瑞卿 赖泽荣 张元斌 吴咏陶 潘正玉



第一部分 实例基本情况表

工程名称	越秀金融大厦		
工程地点	广州市天河区珠江东路 28 号		
开工时间	2011 年 3 月 9 日	竣工时间	2015 年 8 月 27 日
工程造价	94794 万元		
建筑规模	210477m ²		
建筑类型	超甲级写字楼		
工程建设单位	广州市城市建设开发有限公司		
工程设计单位	华南理工大学建筑设计研究院		
工程监理单位	广州越秀地产工程管理有限公司		
工程施工单位	广州建筑股份有限公司		
项目获奖、知识产权情况			
工程类奖：中国建设工程鲁班奖、中国钢结构金奖、全国绿色施工示范工程、广东省建设工程金匠奖、詹天佑故乡杯、广东省建设工程优质奖、广东省房屋市政工程安全生产文明施工示范工地、广州市建设工程优质奖。 科学技术奖：广东省建筑新技术应用示范工程；中国施工企业管理协会科学技术奖科技创新成果一等奖、二等奖；广东省科学技术奖二等奖、三等奖；广东省土木建筑学会科学技术奖一等奖、二等奖、三等奖。 知识产权（含工法）：6 项发明专利、16 项实用新型专利、4 项国家级工法、13 项省级工法、22 篇专业论文、1 本专业著作			

第二部分 关键创新技术名称

1. 内置式大型塔吊超高层核心筒设计与施工综合关键技术
2. 新型复合截面钢管混凝土矩形柱设计与施工技术
3. 超高层建筑施工安全防护技术
4. 超高层绿色施工技术

第三部分 实例介绍

1 工程概况

越秀金融大厦位于广州市珠江新城珠江东路 28 号, 毗邻广州银行大厦及维家思广场, 定位为区域级总部的写字楼。该工程“折纸”型的创新外形设计, 总用地面积 10837m^2 , 建筑总面积 211343m^2 , 建筑总高度 309.4m , 地下室 4 层, 地上 68 层, 结构形式为带加强层框架核心筒+巨型斜撑框架结构体系 (图 1、图 2)。

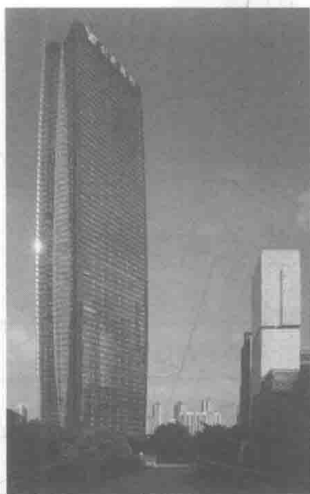


图 1 项目完成图



图 2 项目侧面图

2 工程重点与难点

2.1 超厚砂层深基坑支护与土方开挖

本工程基坑占地面积约为 9224m^2 , 开挖深度为 18m , 粉砂层达 4.4m 。基坑止水帷幕效果直接影响基坑及周边建筑物。

2.2 超高空间结构定位

本工程塔楼建筑高度达 309.4m , 受到测量仪器精度的限制及环境的影响, 超高空间结构定位难度大。

2.3 大体积混凝土浇筑

地下室底板面积约 9000m^2 , 塔楼区域厚度为 2m , 部分区域厚达 7.8m , 其他区域为 1m , 属超厚超大体积混凝土施工。

2.4 高性能混凝土超高层泵送

本工程混凝土一次泵送高度达 307.4m , 塔楼混凝土强度为 C60~C80, 混凝土总泵送量约为 29000t 。

2.5 超高复杂空间钢结构安装

本工程钢结构最大板厚为 100mm，最大构件吊装重量为 45.2t，总用钢量达 2.8 万 t。

2.6 大型设备机组吊装

本工程多台设备机组需从地面最高吊至 295.40m 的机房内，最大尺寸为长 4324mm×宽 2108mm×高 2678mm，运输重量 10350kg。

2.7 超高层垂直运输的规划与管理

钢构件约 9000 件，7000 多个吊次，钢筋 1.42 万 t。经过分析，高峰期每月约 1050 吊次；且高峰期在场施工人数将达 2200 人，垂直运输需求量大。

3 技术创新点

3.1 内置式大型塔吊超高层核心筒设计与施工综合关键技术

3.1.1 核心筒灵活平台提模系统设计与施工技术

在经济飞速发展的今天，超高层建筑如雨后春笋般不断涌现，结构形式也越趋复杂，目前国内应用较广的上述几种超高层建筑核心筒竖向结构施工工艺有附壁式爬模系统、整体钢平台电动升板机提模系统、大吨位长行程油缸整体（钢平台）顶升模板系统等，但在灵活性、通用性和安全性等方面均不同程度存在缺陷，仍有待改良优化，以提高工效、降低成本、确保安全。

针对超高层建筑长条形核心筒竖向结构的特点，创新研发出采用“蛙式”液压顶提装置作为爬升动力系统的灵活平台提模系统，该提模系统与常规的液压爬模系统和大吨位长行程油缸整体顶升不同，是爬模技术的一项重大变革，系统最大的优势在于其灵活性，它以核心筒的单个筒体为单位设置，各个平台可实现同步或分开顶升，使核心筒结构可流水施工，大大提高了施工的灵活性，也保证了顶提过程的稳定性和安全性（图 3、图 4）。

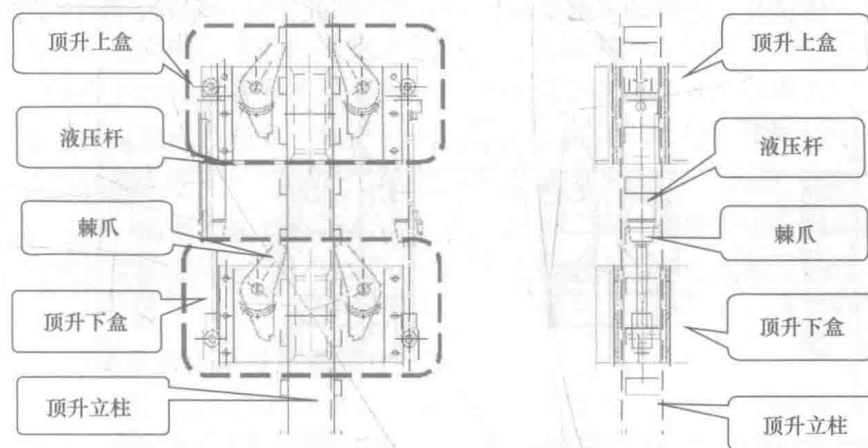


图 3 “蛙式”液压顶提装置图

1. 液压系统性能参数

油缸型号：HSG125-90

额定最大压力：20MPa

缸筒直径：125mm

活塞杆直径：90mm

油缸行程：210mm

单行程爬升高度：150mm

油缸工作提升力：200kN

自锁装置：双向液压锁

油缸同步误差： $\leq 5\text{mm}$

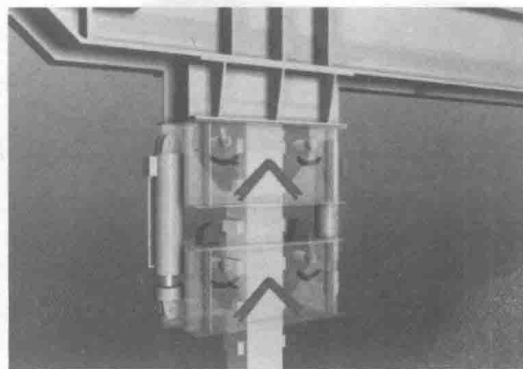


图 4 顶提装置

同步控制：分流集流阀（同步阀）

活塞伸出速度：约 250mm/min

2. 顶提施工原理（图 5）

进行上部平台顶升时，先把下部平台固定在剪力墙结构上作为顶升的支撑点，顶升下盒的棘爪顶紧顶升立柱梯档上缘，然后液压杆伸长，将顶升上盒（连同上部平台）向上顶抬一级；顶升时上盒的棘爪滑过顶升立柱的梯档后收回顶紧梯档上缘，回收液压杆，把顶升下盒向上提升一级，棘爪滑过梯档，并回收卡紧在上一级梯档上缘；重复动作，伸长液压杆，把顶升上盒向上顶抬，再回收液压杆，把顶升下盒提上一级。如此往复，完成整个上部平台向上顶升一个结构楼层高度。

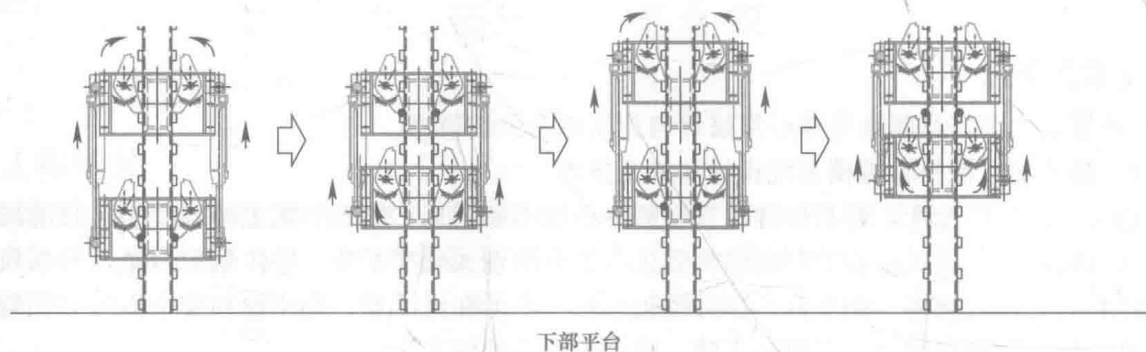


图 5 上部平台顶升过程“蛙式”液压顶提装置工作示意图

上部平台完成顶升后，桁架梁固定在剪力墙上，作为下部平台提升的支点。通过控制器把棘爪方向逆转，顶升上盒和下盒的棘爪均顶紧顶升立柱梯档的下缘，然后松开下部平台与墙体结构的连接，回收液压杆，使顶升立柱带动下部平台向上提升一级；顶升立柱的梯档滑过顶升上盒的棘爪，然后使该棘爪顶紧梯档下缘，伸长液压杆，顶升下盒向下运动，棘爪滑过顶升立柱梯档，并顶紧在下一级的梯档下缘，重复回收液压杆，使顶升立柱带动下部平台提升一级。如此往复，完成下部平台提升（图 6、图 7）。

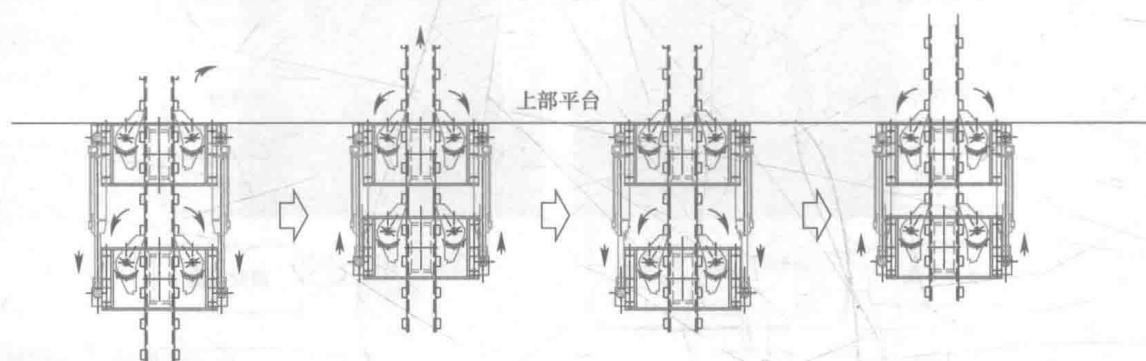


图 6 上部平台顶升过程“蛙式”液压顶提装置工作示意图



图 7 灵活平台提模系统顶升过程图

下部平台只有一层，由纵、横向桁架和钢横梁组成，顶升立柱垂直固定在下部平台上，穿过“蛙式”液压顶提装置，与上部平台相连。下部平台具有 2 大主要功能：一是作为上部平台顶升时的支点；另一个是安装有下挂梯和楼梯，是连接施工电梯与爬模架、爬模架上下层的交通枢纽（图 8）。

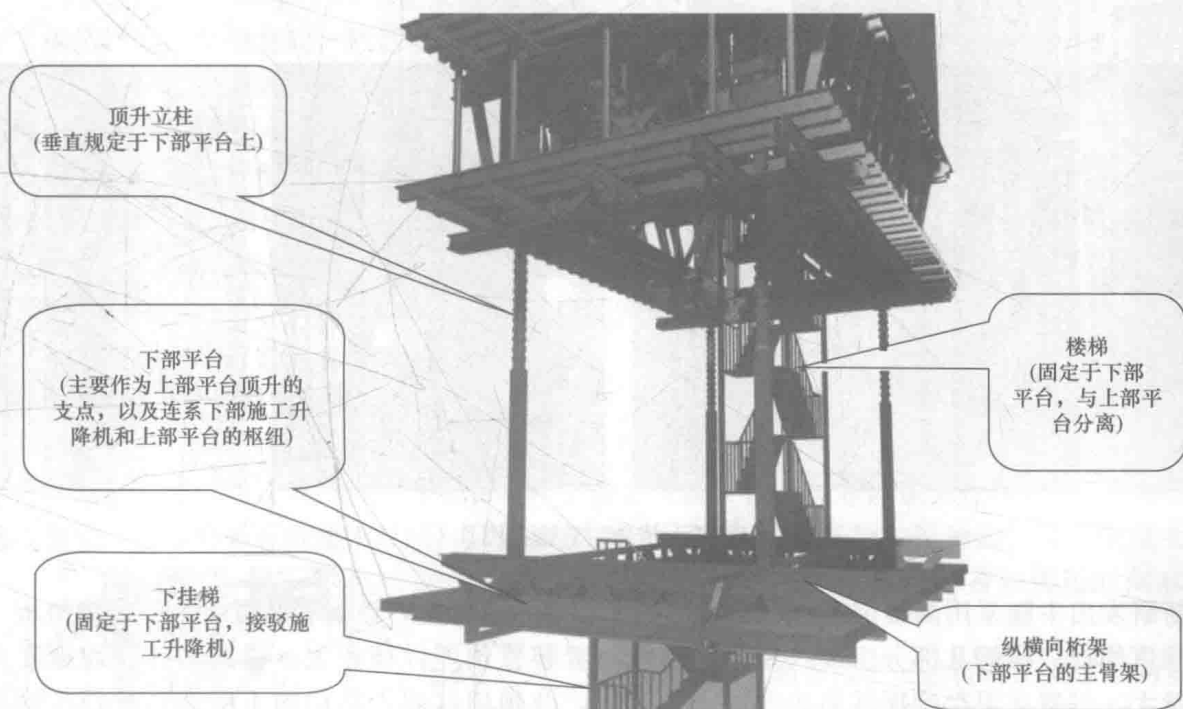


图 8 灵活平台提模系统下部平台的构造示意图

灵活平台提模系统（已授权发明专利“建筑用提模系统”，专利号 ZL201110150815.4，4 项实用新型专利）的应用与改进，是爬模技术的一项重大变革，系统最大的优势在于其灵活性，它以核心筒的单个筒体为单位设置，各个平台可实现同步或分开顶升，使核心筒结构可流水施工，大大提高了施工的灵活性，也保证了顶提过程的稳定性和安全性。同时也解决了超高层项目主体结构施工受到高度因素制约的难题，极大促进了结构施工速度，实现了主体结构 3 天/层施工速度。2017 年 3 月 22 日，广东省土木建筑学会在广州市组织的“超高层建筑若干施工关键新技术”科技成果鉴定会，由周福霖院士组成的专家组一致认为该成果达到国际领先水平，同时“超高层核心筒灵活平台提模系统设计施工”已获得国家级工法。

3.1.2 内置式大型塔吊新型附着装置设计技术

随着国内经济飞速发展，超高层建筑如雨后春笋般纷纷涌现，伴随高度的节比攀升，建筑物的结构形式也从传统的钢筋混凝土结构向钢结构发展。大型塔吊的使用成为了影响超高层项目施工进度与安全的重要因素之一。内置式塔吊以其起重能力强、使用成本低（大大减小了标准节投入）、安全性高、适应范围广、能随结构施工进度同步攀升等特点，正逐渐成为超高层项目必不可少的施工设备。

附着装置（牛腿或连接耳板）是支撑架与主体结构连接的主要构件，也是塔吊荷载通过支撑架传递给主体结构的主要通道，是大型塔吊爬升过程必不可少的一环。内置式大型塔吊附着装置的牛腿传统的做法是采用直接预埋或焊接方式与主体结构连接（焊接是先在主体结构上预埋钢构件，然后在混凝土强度满足要求后，将牛腿焊接到预埋钢构件上成为一个整体），见图 9。

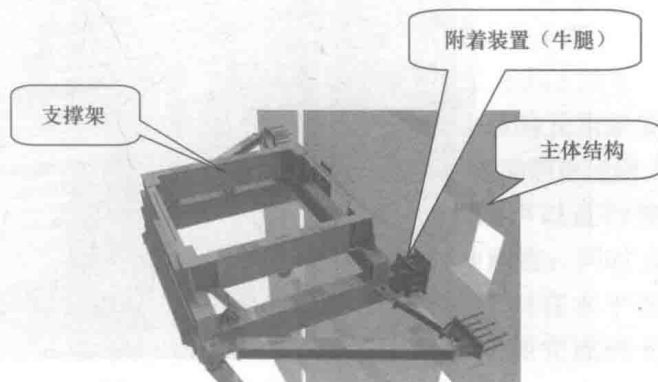


图 9 传统大型塔吊附着

这种工艺存在以下问题：①预埋件体积大、锚筋多，而超高层建筑混凝土墙钢筋直径大且密，使得预埋难度大；②牛腿与埋件焊接时产生高温对混凝土影响的质量，焊接施工需时较长，使塔吊每次爬升时间增多，影响项目的施工进度；③预埋构件一旦位置有偏差，将无法纠正；④预埋件埋入结构内，不能循环利用，造成材料浪费（图 10）。



图 10 传统附着施工图片

创新研发出牛腿采用高强度螺栓固定在墙面上新型附着装置，该附着装置由牛腿、钢垫板、钢套管、高强度螺栓、螺帽几部分组成，改变了传统附着装置预埋件体积大、锚筋多、预埋难度大、现场焊接量大、焊接高温影响埋件周边混凝土质量，以及预埋件埋入结构内不能循环利用等缺点，提高了预埋精度和安装效率，实现了牛腿重复使用，有效减少了大型塔吊附着装置的材料损耗（图 11～图 15）。

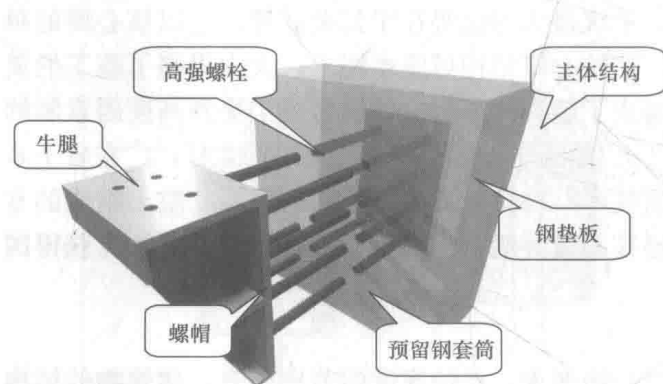


图 11 大型塔吊新型附着

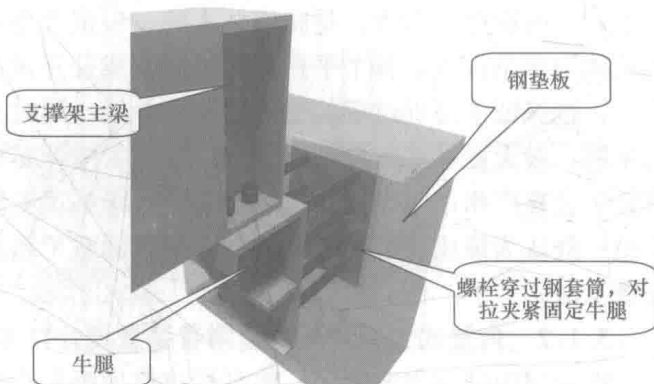


图 12 新型附着装置与塔吊支撑架构件连接示意图

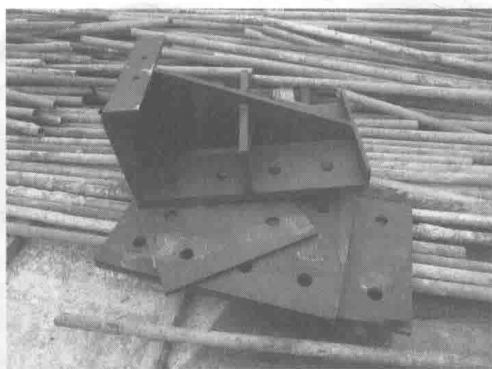


图 13 牛腿、钢垫板实物图



图 14 高强度螺栓实物图

与传统的附着装置不同,该新型附着装置(已授权发明专利“内爬式塔吊与建筑结构的连接装置及利用其的施工方法”,专利号 ZL201310015540.2)牛腿采用高强度螺栓收紧固定在墙面上,避免了大型钢板预埋件的埋置及现场大量焊接。施工时,在主体结构内预埋钢套筒,然后利用高强度螺栓穿过钢套筒预留孔,拧紧螺栓两端的螺帽,把正面的牛腿和背面的钢垫板对拉夹紧固定在墙体上。提高了预埋精度和安装效率。新型附着装置实现了牛腿重复使用,有效减少了大型塔吊附着装置的材料损耗。2017年3月22日,广东省土木建筑学会在广州市组织的“超高层建筑若干施工关键新技术”科技成果鉴定会,由周福霖院士组成的专家组一致认为该成果达到国际领先水平。同时“大型塔吊新型附着装置设计与安装施工”已获得广东省省级工法。

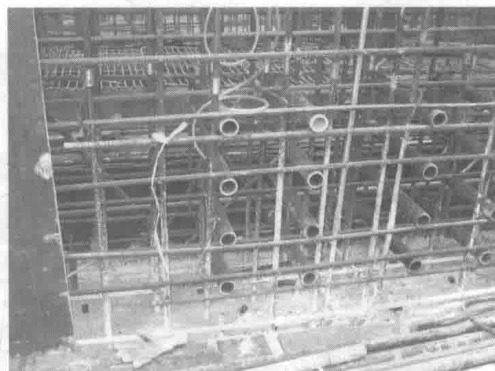


图 15 钢套筒实物图

3.1.3 内置式大型塔吊支撑架安装与拆除技术

超高层建筑施工中,内置式大型塔吊为完成爬升作业,三道支撑架需要循环使用,施工时附着支撑架常采用在原位解体后通过人力搬运至楼层卸料平台处(需要在结构墙体预留孔洞),利用塔吊吊运至上部相应楼层(占用塔吊有效使用时间),再由人力搬运至安装位置备用,这种做法劳动强度大、占用塔吊使用时间长,影响塔吊有效使用时间和工程施工工期(图 16)。

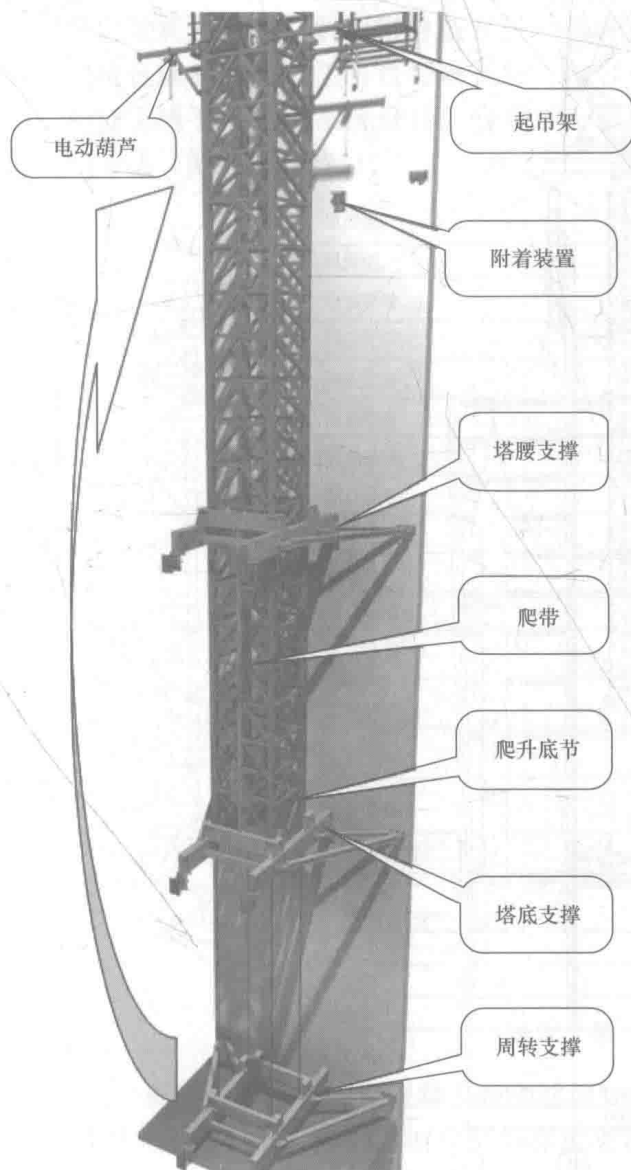


图 16 三道支撑架需要循环使用示意图

为此,创新设计了可进行塔吊支撑架的安装、运输、拆除的附着于塔吊标准节立柱上的起吊架,整个架体由前臂、后臂、斜撑、立杆、活动吊板、上支座、下支座等部分组成,该起吊架附着于塔身标准节上,摆脱了传统塔吊爬升施工中,支撑架的安装、运输、拆除对塔吊的依赖和占用,降低支撑架构件运输的劳动强度,提高了爬升施工的效率。同时,避免了利用塔吊辅助安装时需要的二次运输,大大降低了劳动强度,提高了安装施工的灵活性和效率,有效减小了塔吊爬升对结构施工的影响,使塔吊应用于主体结构施工的效率最大化,加快了施工进度(图 17)。

起吊架采用螺栓把上、下支座夹紧固定在塔身上。用于固定的螺栓紧贴塔吊标准节的立柱,在左右两侧收紧上、下支座和钢垫板,使支座能夹紧标准节的立柱而不需要对塔吊结构造成任何破坏。

起吊架安装在顶部支撑架的上方约 5m 的位置(并低于爬模,以确保起吊架与爬模架没有干涉),以便周转支撑架拆除后能利用起吊架及安装在其上的电动葫芦安装到顶部。支撑架构件的拆除、运输及重新安装,均利用安装在起吊架上的 2 个 5t 的电动葫芦完成。

起吊架可以在后臂端板上吊挂电葫芦以进行物料的垂直提升,最大能承受 10t 左右的重物;同时该整体能绕塔身标准节立柱旋转,实现物料在水平面内向各个角度的移动,在狭窄空间内就能完成将支撑架运至相应位置的所有操作(图 18)。

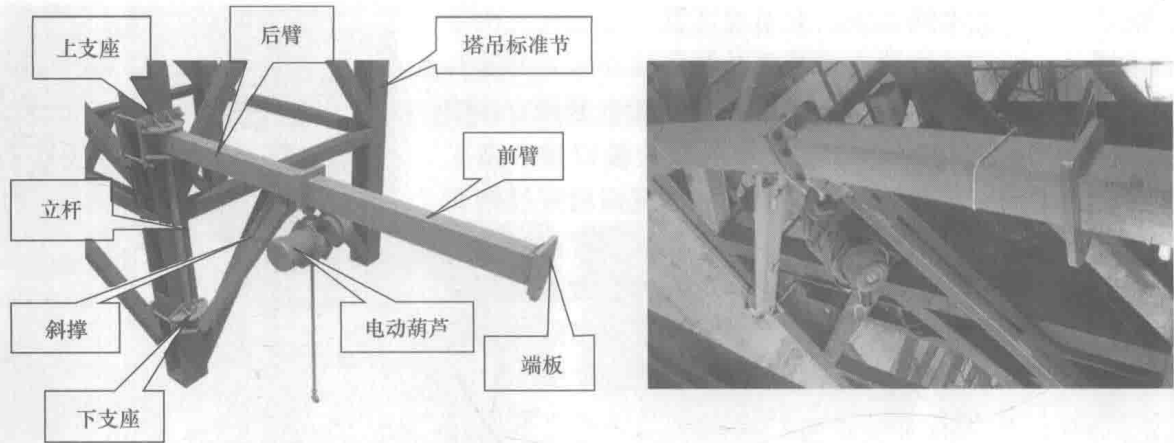


图 17 附着于塔吊标准节立柱上的起吊架

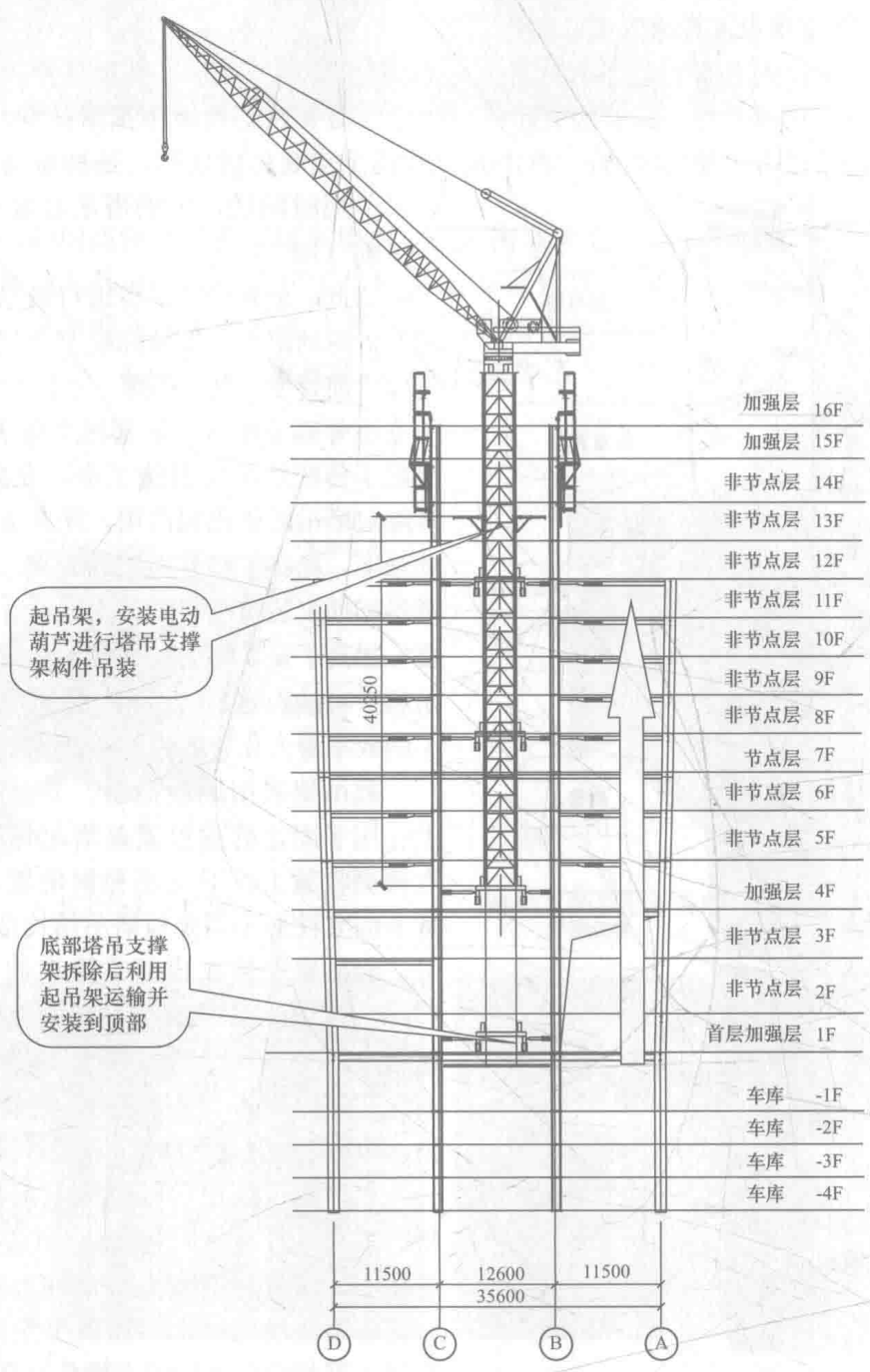


图 18 起吊架安装位置立面示意图

该创新设计了一套安装于塔吊标准节立柱上的起吊架(已授权发明专利“用于内爬式塔吊附着的起吊架”,专利号 201310154569.9),通过使用附着于塔身标准节上的起吊架,摆脱了传统塔吊爬升施工中,支撑架的安装、运输、拆除对塔吊的依赖和占用,降低支撑架构件运输的劳动强度,提高了爬升施工的效率。2017 年 3 月 22 日,广东省土木建筑学会在广州市组织的“超高层建筑若干施工关键新技术”科技成果鉴定会,由周福霖院士组成的专家组一致认为该成果达到国际领先水平。同时“大型塔吊新型附着装置设计与安装施工”已获得广东省省级工法。

3.1.4 基于三维仿真的控制技术

为确保核心筒灵活平台提模系统整个施工过程的安全性,运用有限元分析软件,建立空间三维模型,模拟核心筒施工过程以及塔吊使用过程各种荷载作用下核心筒结构及塔吊受力性能,验算各核心筒结构及塔吊的承载力和刚度、以及整个爬架系统的稳定性(图 19~图 22)。

对内置式大型塔吊新型附着装置进行有限元仿真受力分析,安全合理地设计灵活平台提模系统,结合现场加载试验,验证灵活平台提模系统设计的合理性,确定合理的安装控制方法(图 23~图 26)。

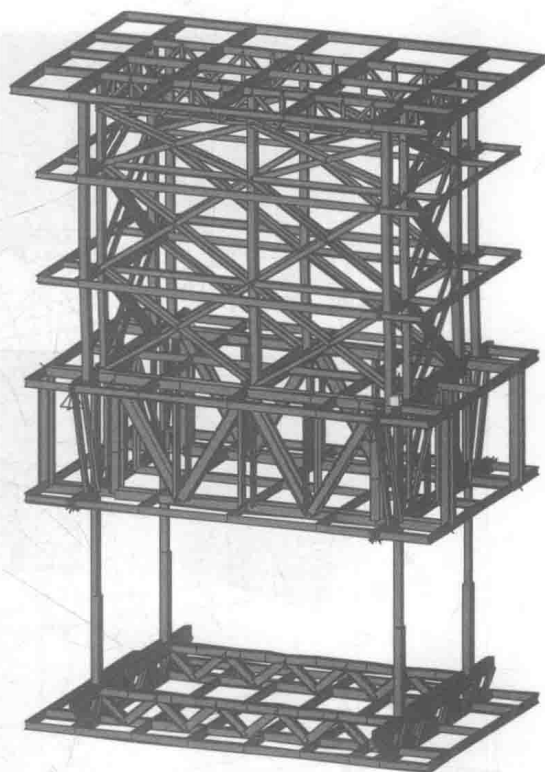


图 19 力学模型图

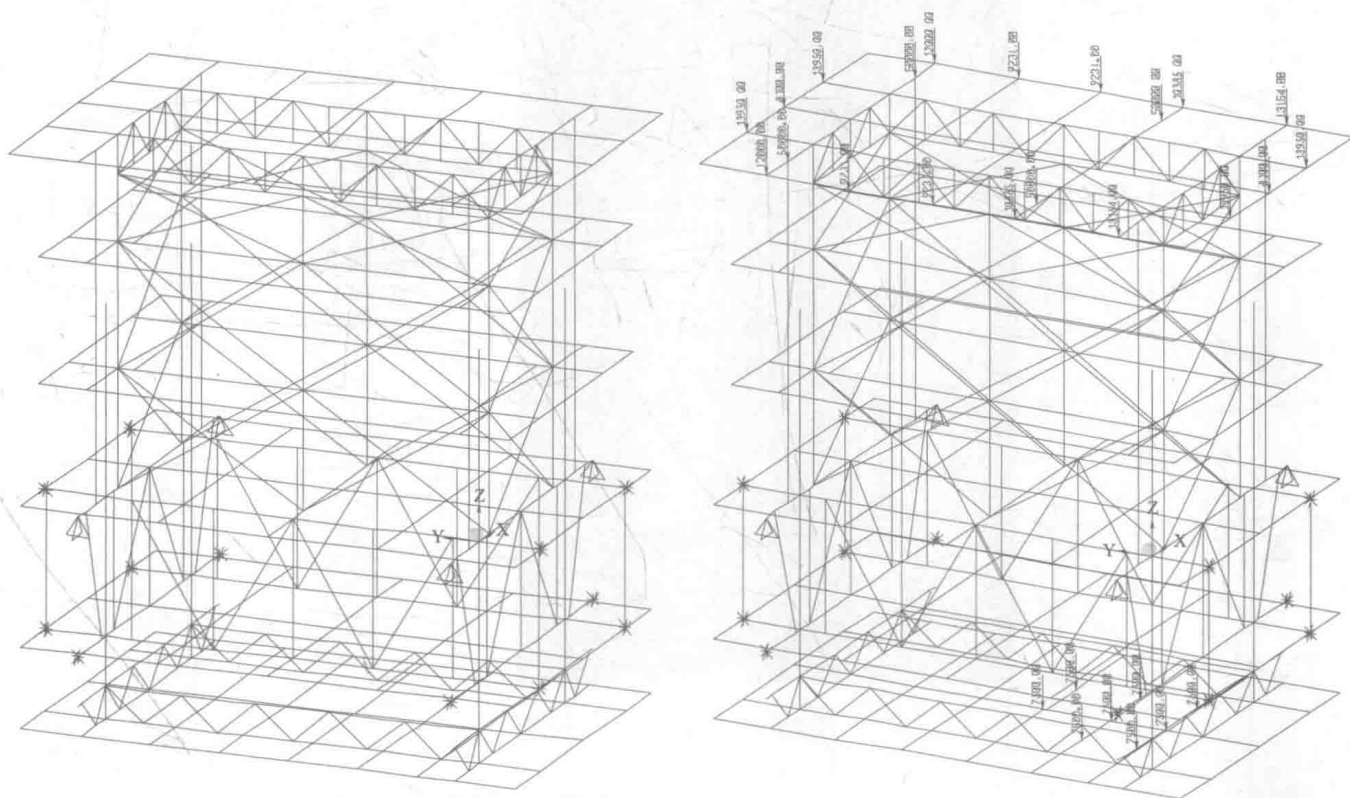


图 20 第 1 阶段荷载施加示意图

3.2 新型复合截面钢管混凝土矩形柱设计与施工技术

采用带加强层框架核心筒加巨型斜撑框架结构,研发了性能优异的新型复合截面钢管混凝土矩形柱,有效提高了结构的抗震和防火性能,减少柱截面尺寸(从 $3.2\text{m} \times 2.0\text{m}$ 减少为 $3.0\text{m} \times 1.8\text{m}$)和节约用钢量达 1200t。

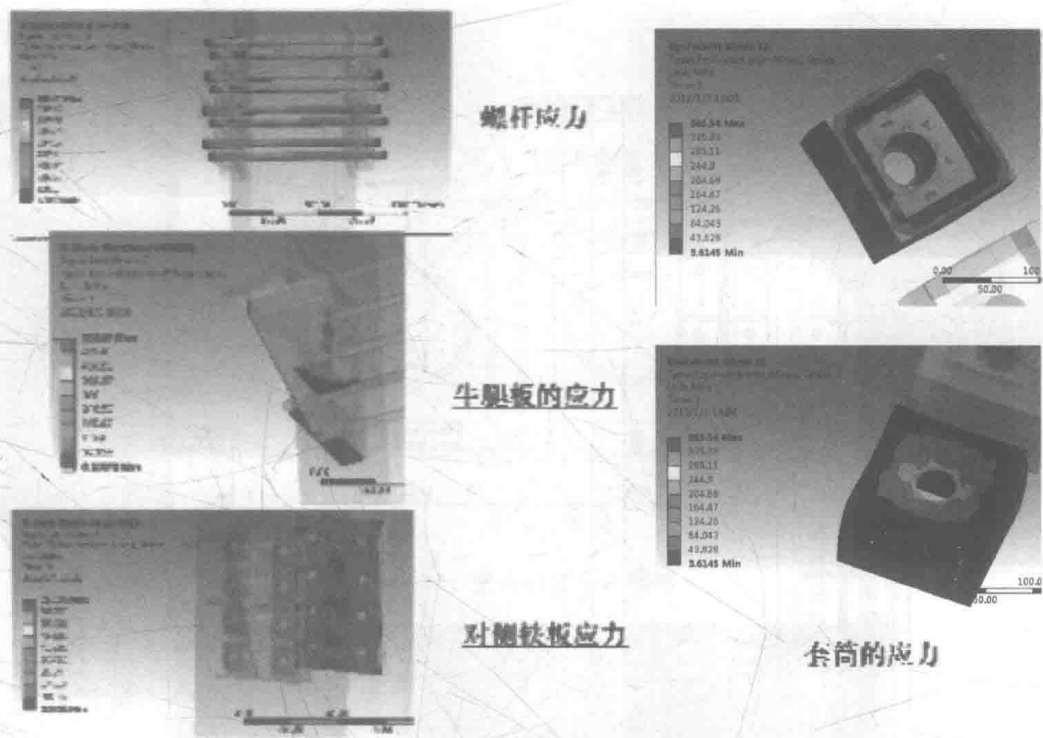


图 23 新型附着装置受力分析

试验附着装置。仅在此牛腿上布置测点及相应螺杆测点，端部螺栓套筒亦仅用于此牛腿上

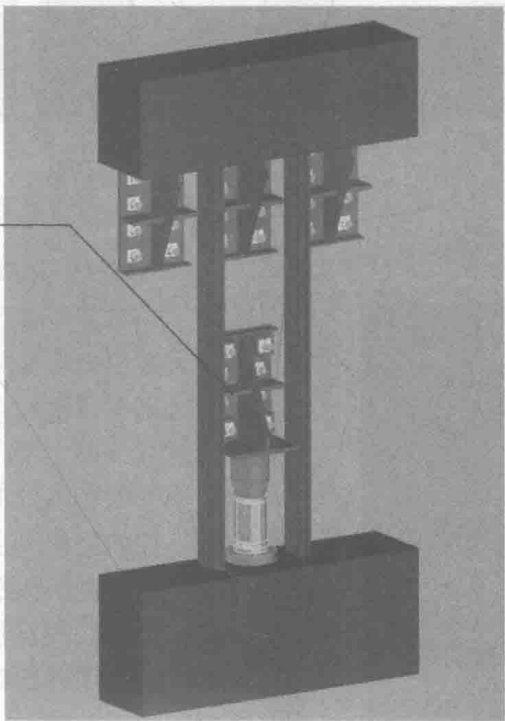


图 24 反力试验装置示意图

3.2.1 新型复合截面钢管混凝土矩形柱设计

目前，钢管混凝土柱以其较高的承载力和侧向抗压能力而得到在超高层建筑广泛应用，如广州西塔、广州新电视塔，深圳京基 100、平安国际金融中心，上海环球金融中心等。超高层钢管混凝土柱多采用圆形、矩形截面，难以适应超高层结构变化多端、柱距大而对钢管混凝土柱的承载力要求。如果单一增加构件截面或厚度来满足结构需求，将引发材料浪费、吊装设备型号提高等经济损失。