

Research and Calculation Analysis of High-Altitude Demolition Technology for Large Tower Cranes

Meitao Cheng

Shanghai Construction No.5 (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200062, China

Abstract

This paper takes the Shenyang Maoye Center Project in China as an example to introduce the analysis of the demolition scheme of large-scale construction equipment (internal climbing STT553A tower crane) and the interaction between the super-high-rise roof structure during the demolition construction process. It also elaborates on the demolition plan determination, structural calculation and reinforcement, and construction process control of large construction equipment. In the actual construction, the various operations were successfully completed, and good social and economic benefits were obtained, which provided reference for the construction of similar projects in the future.

Keywords

high-rise buildings; inner climbing tower crane; tower crane installation and demolition; numerical simulation analysis

大型塔吊高空拆除技术的研究与计算分析

程美涛

上海建工五建集团有限公司, 中国·上海 200062

摘要

本文以中国沈阳茂业中心工程为例, 介绍大型施工设备(内爬式STT553A塔吊)的拆除方案比选和在拆除施工过程中与超高层屋面结构的相互影响分析。并对大型施工设备的拆除方案确定、结构计算和加固、施工过程控制等几方面进行阐述。在实际施工中, 顺利完成了各项操作, 并取得了良好的社会效益和经济效益, 为以后的类似工程的施工提供参考。

关键词

高层建筑; 内爬式塔吊; 塔吊安装与拆除; 数值模拟分析

1 引言

随着中国经济的高速增长, 超高层建筑的发展迅速, 已成为城市发展中的重要标志。通常超高层建筑会优先考虑选用内爬式塔吊进行施工, 其主要有可以充分利用建筑物自身的高度、覆盖面积效率高、不占用施工场地、安全性好、综合经济效益显著等优点。但由于建筑功能和外形装饰设计等原因使得超高层结构顶部设计复杂、高空施工作业面狭小等因素, 给内爬式塔吊的高空拆除带来一定困难, 这也是采用内爬式塔吊普遍遇到的一大难点。

2 工程概况

沈阳茂业中心位于中国辽宁省沈阳市沈河区青年大街185号, 工程占地面积2.56万 m^2 , 总建筑面积达42万

m^2 , 由一幢主塔楼(75层, 311m)、一幢公寓楼(54层, 188m)、一幢住宅楼(44层, 164m)组成, 三幢单体共用7层商业裙房及三层地下室。其中主塔楼为钢筋混凝土核心筒——钢结构框架的组合式结构体系, 外框采用钢管混凝土柱, 柱内灌混凝土强度等级最高C80。

3 塔吊拆除施工总体思路

3.1 内爬式塔吊拆除方案比选

在考虑施工效率最大化、经济效益显著化、技术方面成熟化等方面, 确定在该项目主塔楼核心筒位置放置一台STT553塔吊, 满足了施工现场零盲点、全覆盖的施工要求。根据项目特点和塔吊的实际情况在拆除过程中需要考虑: 在整个塔吊拆除施工过程中要确保对周边建筑、道路管线等方面的影响可控; 塔吊零部件的重量(回转总成约11.5T)和尺

寸大小(顶升套架约12m)在方案容许范围内;拆卸过程工作量大,拆除塔吊安全施工面临的严峻考验。为确保内爬式塔吊顺利拆除,从安全、经济和工期等方面进行多方案的对比,超高层内爬式塔吊拆卸按拆卸形式共有三种拆除方案,具体为:①安装外附式大型塔吊拆除内爬式塔吊;②定制专用拔杆拆拆除内爬式塔吊;③安装额外塔吊分级置换拆除内爬式塔吊^[1]。具体对比分析情况如表1所示。

表1 工程进度数据统计表

序号	拆除方案	优缺点	方案选择
1	外附式大型塔吊拆除内爬式塔吊	1、外附式大型塔吊需要塔身标准节较多导致租金较高,且安装拆卸费用也较高,不经济。 2、外附式大型塔吊的安装导致部分工序(尤其是幕墙)无法按原定工期进行从而影响整个工期,且塔吊自身的安装和拆卸所需较长的时间。 3、大型塔吊自身的安装、拆卸过程中安全隐患较多。 4、外附式塔吊安装好后使得内爬式塔吊的拆卸较为简单,因为覆盖范围大使得拆卸后零部件的搬运比较便利。	不采用
2	定制专用拔杆拆拆除内爬式塔吊	1、专用拔杆需要根据屋面情况针对性设计,在钢结构生产企业制作完成后现场拼装,均为一次性投入难以重复利用,不经济。 2、专用拔杆的安装和拆除的大量工作在屋面上开展,对屋面作业环境要求较高,安装和拆除工人需要专门交底培训等准备工作,加上专用拔杆的生产和拼装等时间,在正式拆除内爬式塔吊前需要较长的筹备时间。 3、专用拔杆拆除起重时空作业时间较多,且自身拆卸和搬运不方便,正式作业的效率较低,同时增加了操作的危险性。 4、专用拔杆可以根据屋面情况进行针对性设计,具有一定的灵活性,可利用待拆内爬式塔吊进行安装。	不采用
3	额外塔吊分级置换拆除内爬式塔吊	1、屋面分级安装额外塔吊方案,仅需向租赁单位支付安装拆卸费用和租赁费用,不需要购买设备和配套件,成本较低。 2、根据当地市场情况选用符合起重要求的标准塔吊,不需要单独研发定制,方便快捷。 3、由专业单位进行现场安装和拆除,对其他工序的影响较小,减少了交叉作业的危险性。 4、零部件运输方便,便于工期控制。	采用

通过以上三种方案的对比分析,第三种方案为最佳方案。

3.2 内爬式塔吊拆除施工方案的总体思路

结合项目情况和 STT553A-24T 内爬式塔吊的主要部件的参数,确定采用额外塔吊(ZSL270 型屋面吊+QTZ50 型屋面吊+WQ2 型屋面吊)分级置换拆除内爬式塔吊的具体思路(图1、图2)进行^[2],详细拆除过程如下:

- (1) 塔楼现状为使用1台 STT553A-24T 内爬式塔吊作为项目垂直吊装工具,起重臂长为50米,塔身标准节9节。
- (2) STT553A 塔吊使用结束后利用该待拆塔吊在主楼小屋面(标高为310.95米)上安装一台32m臂长的 ZSL270 型屋面吊实施 STT553A 塔吊拆卸。
- (3) 在主楼大屋面(标高为299.8米)上安装一台20m臂长 QTZ50 型屋面吊实施 ZSL270 型屋面吊拆卸。
- (4) 在主楼大屋面(标高为299.8米)上安装一台10m臂长 WQ2 型屋面吊实施 QTZ50 型屋面吊拆卸。
- (5) 人工拆除 WQ2 型屋面吊。

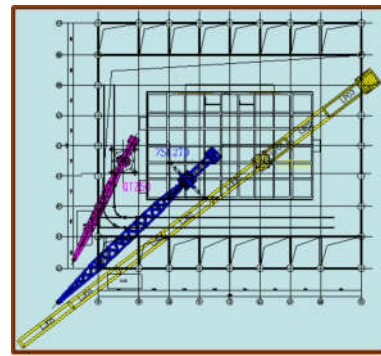


图1 塔吊 STT553A 拆除平面示意图

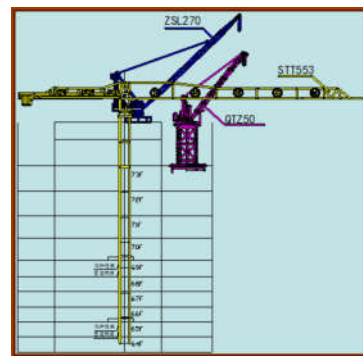


图2 塔吊 STT553A 拆除平面示意图

4 计算模型

4.1 计算软件

本工程采用由 CSI 开发的(授权北京金土木软件技术有限公司)计算软件 ETABS 对结构进行计算。考虑到计算量与计算效率等因素,在三维有限元整体模型中需要按照真实结构中不同部分构件的位置及其功能,用板和梁单元进行模拟分析。

4.2 计算假定

- (1) 塔吊结构在施工过程中用外力数值模拟实际“工作状态”的工况下施加在塔吊上或塔吊支座的荷载情况^[3]。
- (2) 梁与柱连接为刚接,梁与核心筒连接为铰接。
- (3) 单元应力应变关系符合虎克定律。
- (4) 单元变形后仍符合平截面假定。
- (5) 单元初始形状为一直线,截面沿着杆件长度方向不变。

4.3 计算施工工序

根据屋面部分钢结构的受力特点和塔吊拆除的施工工序,可以分为以下工序^[4]:

- (1) STT553 塔吊安装 ZSL270 型屋面吊;(无需计算)

(2) ZSL270 型屋面吊拆卸 STT553 塔吊, ZSL270 型屋面吊安装 QTD50 型屋面吊; (ZSL270 施工工况作用于混凝土核心筒, 核心筒安全储备很大, 无需计算)

(3) QTZ50 型屋面吊拆卸 ZSL270 型屋面吊, QTZ50 型屋面吊安装 WQ2 型屋面吊; (QTD50 施工工况下, 需要对屋面结构进行整体计算)

(4) WQ2 型屋面吊拆卸 QTZ50 型屋面吊; (WQ2 施工工况下, 需要对屋面结构进行整体计算)

(5) 人工拆除 WQ2 型屋面吊。(无需计算)

根据以上分析可知, 需要对 QTD50 和 WQ2 作用的钢结构屋面进行计算模拟分析(图3~图6), 其中部分主梁为折梁。

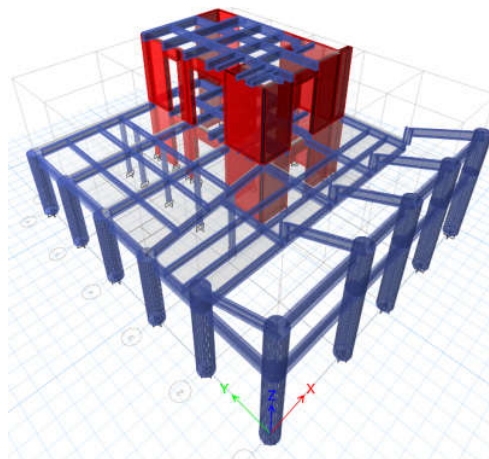


图6 计算简化模型轴测图

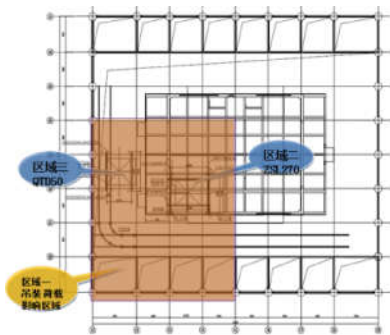


图3 屋面结构平面布置图

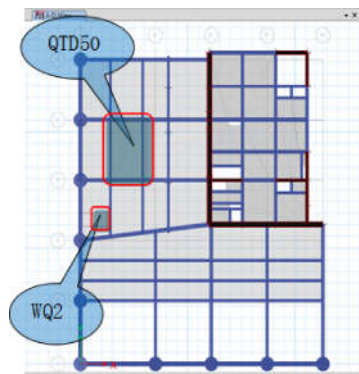


图4 计算简化区域

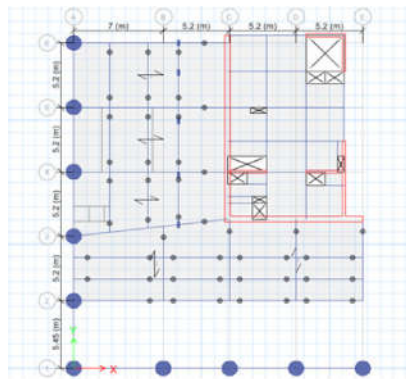


图5 计算简化模型平面图

4.4 计算荷载输入和荷载工况组合

本计算书中荷载包括结构自重、屋面恒荷载、屋面活荷载、屋面塔吊荷载等, 各种荷载具体取值如下^[5]:

4.1.1 荷载输入

(1) 恒荷载

钢结构和组合楼板自重由程序自动统计, 结构自重 $\times 1.2$ 来考虑节点重量;

本计算书中上屋面荷载取 4.5 kN/m^2 (含找平层、面层及抹灰等);

塔吊自重按恒荷载考虑。

(2) 活荷载

本计算书中上屋面活荷载按上屋面情况取为 2.0 kN/m^2 。

塔吊吊装荷载按活荷载考虑, 并考虑 1.1 的动力系数。

(3) 其他荷载

计算时可不考虑温度荷载和风荷载。

4.1.2 荷载工况组合

钢结构荷载组合及工况分析: 经综合考虑, 在计算中体现以下几种组合:

包络组合: \max (据荷载规范进行的各种组合)

荷载组合一: $1.2 \text{ 恒} + 1.4 \text{ (活+吊装恒荷载)}$

荷载组合二: $1.35 \text{ 恒} + 0.98 \text{ (活+吊装活荷载)}$

5 塔吊拆除计算分析

对屋面结构进行有限元模拟计算分析, 计算结果如下(图7~图10):

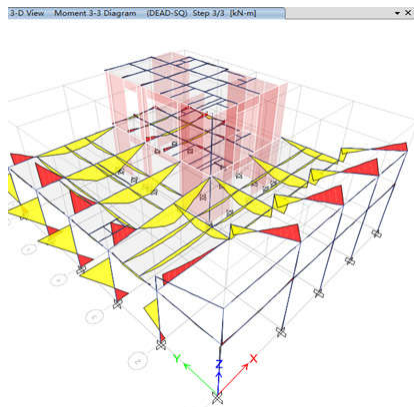


图 7 钢框架梁应力比（施工荷载包络）

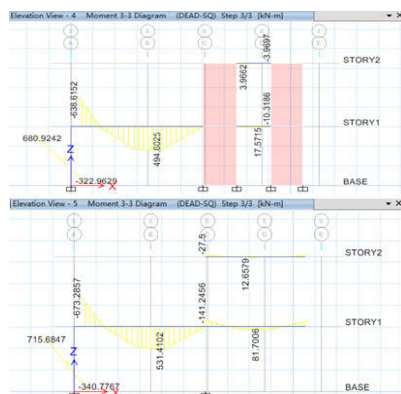


图 8 刚组合梁应力比（施工荷载包络）

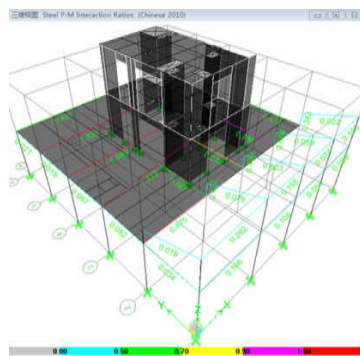


图 9 钢框架梁应力比（施工荷载包络）

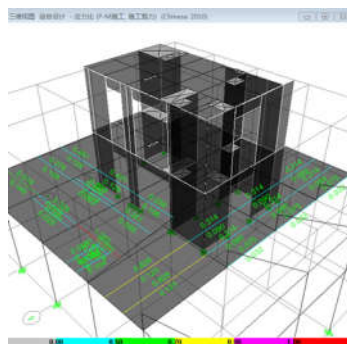


图 10 刚组合梁应力比（施工荷载包络）

通过分析可知，施工顺序加载作用下，屋面结构的在屋

面吊 QTD50 周边钢梁 GKL2 及屋面吊 WQ2 周边次梁 GL2 的部分杆件的最大应力比 > 1.0 ，不满足受力要求。需要对结构进行加强，具体方案为在钢梁 GKL2 及次梁 GL2 下侧增设支撑，以保证结构安全^[6]。

屋面加强后结构计算分析输出结果如下（图 11 ~ 图 14）：

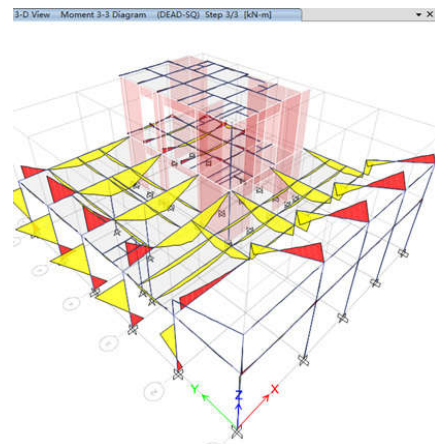


图 11 弯矩内力图（施工荷载）

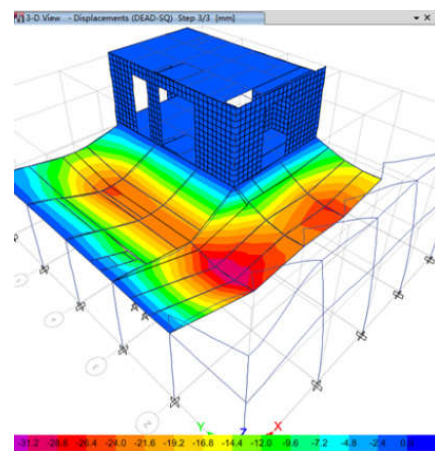


图 12 整体结构位移云图（单位：mm）

框架梁和加强支撑应力比输出

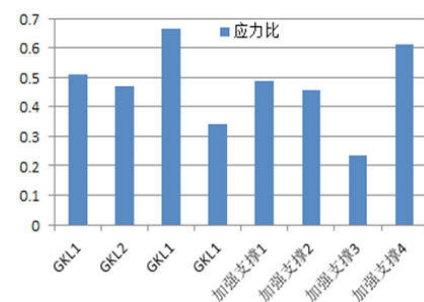


图 13 钢框架梁应力比（施工荷载包络）

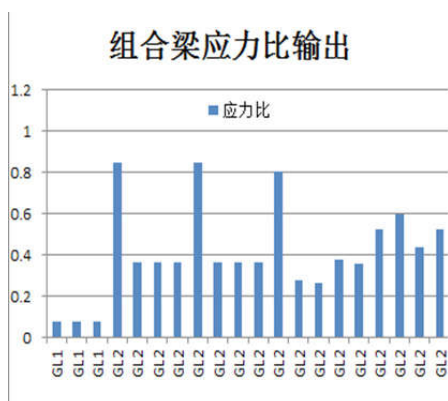


图 14 刚组合梁应力比（施工荷载包络）

通过对屋面加强后结构计算分析可知：结构构件最大应力比 $0.82 < 1.0$ ，最大位移为 $31\text{mm} > L/400=36\text{mm}$ ，满足结构强度和变形的设计要求。

6 结语

本文以沈阳茂业中心工程为例，对塔吊拆除方案通过比选最终确定为安装额外塔吊分级置换拆除原 STT553A 内爬式塔吊。按照模型的拆除施工状态与屋面结构间的相互影响进行数值模拟分析，并根据分析结果对原结构的进行加固，确保了 STT553A 塔吊的安全分级置换拆除。并得出以下结论：

(1) 超高层内爬塔吊利用额外塔吊分级置换拆除的实施，在保证安全的前提下具有较好的经济效益，具有一定的借鉴作用。

(2) 该屋面钢结构主梁为折梁，需采用有限元软件进行

计算，若采用常规算法可能会导致不安全设计。通过分析，塔吊拆除所用的置换塔吊直接作用于原有屋面钢结构不满足计算要求，在对原有屋面钢结构进行针对性加强后，在考虑塔吊拆除各种工况作用下，屋面钢结构满足塔吊拆除的施工要求。

(3) 塔吊拆除的数值模拟分析，对施工方案和施工过程具有指导意义，在今后的工程中具有一定的借鉴参考价值。建议对大型施工设备作用于屋面时，应考虑其与屋面结构的相互间影响，保证施工安全。

参考文献

- [1] 田金成,曹新飞,董明.内爬式塔吊在高层建筑中的应用[J].施工技术,2009,38(10):75-77.
- [2] 郁政华,陈晓明,吴欣之等.广州新电视塔外挂内爬式塔式起重机应用技术[J].施工技术,2009,38(4):38-39.
- [3] 张豫金,孟书斌,李杰.大吨位塔吊解体拆除技术[J].建筑技术,2007,04:298-300.
- [4] 杭小建,严正龙.在超高层屋顶利用外附塔吊拆卸内爬塔吊[J].建筑施工,2013(5):417-418.
- [5] 张琨,陈振明,CCTV主楼大型塔吊应用阶段的结构分析及加固技术[J].施工技术,2008,37(7):97-99.
- [6] 陈兆俊,王其洋.浅谈在超高层续建工程中内爬式塔吊拆卸技术[J].建筑安全,2010,25(5):41-45.