

超高层建筑模板体系的优化设计

吕婷¹,徐 蔺²

1. 宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211
2. 西华大学 建筑与土木工程学院, 四川 成都 611930

摘要: 目前, 超高层建筑施工过程中模板体系的构建分担繁重的工作量, 因此, 对模板体系的优化非常必要。本文对现阶段常用的爬模和顶模进行分类概述, 并对广州东塔项目中的模板体系进行了分析设计, 以期对超高层建筑模板体系优化的设计提供理论和应用基础。

关键词: 超高层建筑; 模板; 优化设计

中图分类号: TU972

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)05-0749-04

The Optimal Design for the Template System of High-rise Building

LV Ting¹, XU Lin²

1. Faculty of Architectural Engineering, Civil Engineering and Environment/Ningbo University, Ningbo 315211, China
2. College of Architecture and Civil Engineering/Xihua University, Chengdu 611930, China

Abstract: At present, the construction of template system occupies a very large amount of labors in a high-rise building, therefore, it is necessary to optimize a template system. This paper classified and reviewed the common climbing form-work and jack-up form-work system respectively and analyzed the template system in Guangzhou East Tower Project so as to provide a theoretical and practical basis for the optimal design of template system in high-rise buildings.

Keywords: High-rise building; template system; optimal design

随着经济的发展, 社会的进步, 我国的建筑行业发展势头迅猛, 其中建筑模板体系的发展也应当受到重视。建筑模板在早期被理解成在施工过程中所使用的模具, 实现混凝土的浇筑成型。在超高层建筑施工中, 模板体系的建设是一项核心工作。我国的建筑模板体系研究始于上世纪 70 年代, 建筑行业对建筑成本、施工周期、项目质量不断变化的需求使得我国大力推广混合钢模板、钢框胶合板、压型钢板、大模板等模具, 21 世纪后, 出现了中央控制设备以及液压滑模千斤顶, 使得人们对模板的认识更加广泛, 模板也形成了在超高层建筑混凝土浇筑过程中的一套完整体系, 这套体系包括模具、连接件、桁架、杆件等结构。模板体系也逐渐朝着自动化的方向发展。目前, 我国的模板体系中仍然存在着很多问题, 为了解决这些问题, 本文对模板体系中的顶升模板以及爬升模板进行分析比较, 最后选出最佳方案。

1 超高层建筑模板体系现状

在对超高层建筑进行施工的时候, 经常会出现混凝土选择及输送、模板传统的模板采用的都是装拆的模式, 需要用到垂直运输的机器, 并且耗费劳工, 安全性差, 建筑行业的不断发展, 超高层建筑的不断增加, 模板体系中存在的问题必须得到解决。超高层建筑由几部分标准层构成, 在纵向结构上变化少, 因此样式单一, 规模大^[1]。在纵向结构的优化上应当注重成本和一致性、实现结构的精简、装修的精细, 来将建筑模板体系自动化。

根据材料轻巧、拆装活络、施工安全等原则选择模板材料, 常见的模板如下表 1 所示:

表 1 常见模板分类及其特点

Table 1 The classes and characteristics of common templates

模板类型 Template	特点 Characteristics	应用 Application
压型钢板	质量小, 便于加工、安装、操作, 不用支拆, 成本高, 使用受限	常用于超高层中标准层部分
钢模板	刚度高, 强度大, 使用寿命长, 便于拆装, 质量大, 成本高, 不便于运送	多用于高施工质量的建筑部分
木模板	安装灵活, 成本低, 边角磨损率高, 漏浆、胀模现象严重	用于建筑结构繁杂的部分, 可在现场进行加工
铝合金模板	体系完整, 操作方便, 成本高, 制作复杂, 不便于运送	不适合结构空洞多的部分, 需要采用吊装机器运输

收稿日期: 2016-06-08

修回日期: 2016-07-28

作者简介: 吕 婷(1990-),女,浙江衢州人,硕士研究生,主要研究方向为建筑结构. E-mail:15267852224@163.com

数字优先出版:2016-09-08 http://www.cnki.net

在我国超高层建筑中，常采用混凝土核心筒结构^[2]，对纵向结构的一致性要求较高，因此需要提升模板整体体系，同时，考虑到建筑施工成本和施工周期，模板体系应当占据尽量少的空间。综合分析上述四种模板，在超高层建筑施工过程中，通常主要模板采用钢模板，辅助模板采用木模板。

2 爬模的优化设计

爬模，即液压自爬升模板，是一项纵向钢筋混凝土结构浇筑中的领先施工技术。爬模通常建立在施工建筑的下层部分，纵向向上在建筑四周安装模板，沿着模板来浇筑内部的混凝土，捆绑钢筋，逐步推进，直到建筑物被完整浇筑出来。爬模集中了大模板以及滑模的优点，操作方便，施工迅速，工程质量高。

2.1 爬模的结构

爬模主要由模板体系、支撑体系、驱动体系三部分组成。

大模板（可用钢模板替换）、调整模板、背楞、角模、螺母、对拉螺栓、垫片等构件共同组成了模板体系。模板类型的选择与混凝土在实际情况中的要求相关。模板与施工建筑下层连接固定，高度比标准楼层高度高 100~300 mm，宽度与现场条件、施工设备息息相关。模板组成及构件材料选择如下表 2 所示：

表 2 模板的组成
Table 2 The composition of template

类别	组成部分 Components						
Class	边框 Frame	面板 Panel	竖肋 Vertical rib	加强肋 Strengthening rib	背楞 Stare blankly		
全钢大模板	6~8 厚钢板	4~6 钢板	8 槽钢	5~6 厚钢板	10 槽钢		
组合钢模板	60~80 宽 4~6 厚钢板	4~6 钢板	—	3~4 钢板弯折	12Q 轻型槽钢		
组合钢木模板	特殊 95 边框料	15 胶合板	80×40×2.5 钢管	轻型槽钢	120Q 轻型槽钢		

支撑体系中常见的有吊装设备、外架支撑、上、下操作平台、外挑梁、栏杆、斜撑、安全网等。支撑系统稳定在建筑物下层的钢筋混凝土上，对刚度和强度有一定要求。支架通常采用分段组合安装的形式。驱动体系中常见的设备有倒链、液压千斤顶^[3]、电动葫芦等。

2.2 爬模的施工过程

安装爬模的时候，应当按照基座——动力结构——模板的顺序来进行安装^[4]。基座中，应当先安装固定螺栓，再安装立柱，在安装中，两者都需要进行校正。动力结构的安装主要内容是确定以及安装千斤顶。模板安装中，首先将模板组装好，接着使用起重机器来安装提升架，最后安装操作平台。操作平台的外围设有防护栏、挡脚板、安全网等设施来保证施工工人的安全。爬模的具体施工过程如下图 1 所示。

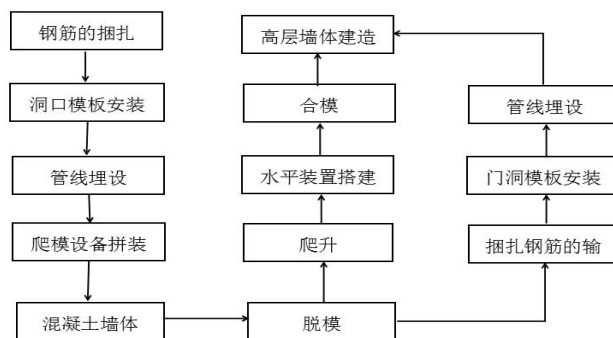


图 1 爬升模板施工流程图
Fig.1 The flowchart of climbing template

3 顶模的优化设计

基于跟建筑相关行业的先进科技，将修正后的爬模与现有的先进模板融合到一起，逐渐形成顶模体系。顶模体系已经自动化，在超高层建筑的施工中，使用强劲的动力驱动设备能够实现一次性

运送, 支撑杆在三个标准层中来回作业, 建造效率大大提高。

3.1 顶模的结构

顶模的组成部分主要有模板体系、驱动体系、操作平台体系三大部分。

模板体系中包括角模、标准钢模板, 墙体的特殊位置可以使用木模板和补偿模板。模板体系中其他的部件安装与爬模一致; 驱动体系为整个顶模体系提供所需的动力, 完成载荷的传递, 由液压千斤顶、油路体系、控制体系等组成。控制系统主要包括电控和液控两种方式, 电控体系能够实现液控原件与操作人员之间的信息传递, 液控体系通过油管中的油量来自动取得平衡。

操作平台体系为施工人员提供安全的施工场所, 有施工平台、操作平台、防护栅栏和脚手架等结构。脚手架将操作平台与模板进行连接, 也可作为施工作业的场所, 其跨度最大可达三层标准层。

3.2 顶模的施工过程

在顶模的安装过程中, 应当按照模板体系——动力体系——操作平台的顺序来进行。由于脚手架将模板与操作平台进行连接, 所以应当分别先将模板与脚手架完成组装, 再与施工高层进行结合。模板焊接于脚手架内, 脚手架的设计应当遵循施工安全标准。根据施工需要来选择操作平台中的钢材型号, 组装成桁架结构之后与支撑杆和施工建筑下层组合。顶模的具体施工过程如图 2 所示。

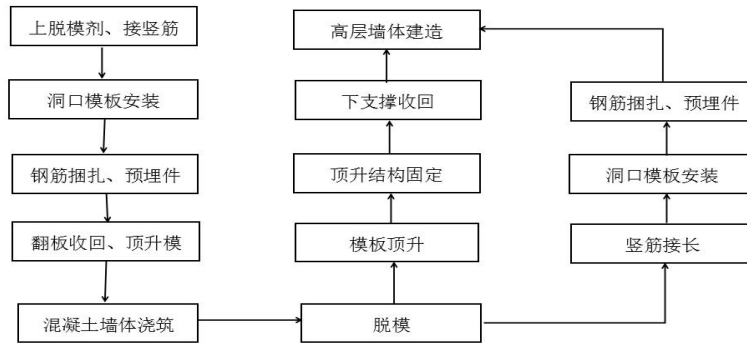


图 2 顶升模板施工流程图
Fig.2 The flowchart of jack-up template

4 模板体系优化设计的应用

4.1 项目简介

广州市 CBD 段的超高层建筑东塔占地总面积为 26494 m², 建筑部分共 116 层, 高 530 m, 位于地上的面积为 35 万 m², 位于地下的部分面积达 1.8 万 m²。东塔采用巨型框架—混凝土核心筒结构, 采用巨型框架和伸臂桁架作为辅助结构来承重。

4.2 模板的设计

根据前文中对爬模和顶模两种优化模板体系的具体分析, 可以得到: 爬模体系的系统和施工精度便于控制, 系统安全性高, 可重复使用, 但是爬系统耗费人工和建筑塑材, 施工效率较低, 模板不能一体化, 导致施工工作重复率高, 效率低下。顶模体系与爬模体系相反, 一体化的系统能够节省大量人力物力, 功能强大, 施工安全, 但是占用面积大, 对液压油缸要求较高, 调控麻烦。

东塔项目工期长, 成本和质量要求较高, 所以采用顶升模板^[5]。顶模更适用于占地面积少的施工场所, 系统的垂直度和稳定性较好。东塔项目中在西南角放置 M440D 塔吊, 在东南和西北两个角落分别放置 M1280 塔吊。在设计模板的时候, 应当保证使用功能不受损, 将各构件截面优化, 降低成本。

4.2.1 模板体系 模板的设计应当与层高相适应, 东塔中楼层层高分别有 3.5 m、3.75 m、4.5 m, 基于模板设计标准 2400×4000+2400×700, 施工项目下层的层高较高, 为 4.5 m, 采用 4.7 m 模板, 当施工进展到上层 3.5 m, 3.75 m 时, 废除多余的 700 高模板, 将标准模板配置改为 4 m。此项目模板体系中有标准模板、非标准模板、角模、木模板。标准模板配置如图 3 所示。

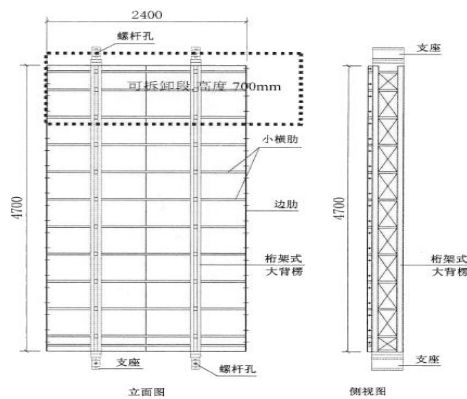


图 3 模板标准结构图

Fig.3 The structure of standard template

4.2.2 动力体系 根据前文，顶模中的动力体系主要选择液压油缸，东塔中将 4 个液压油缸分别设置在支撑位置，相关参数如下表 3 所示。支撑柱选择小牛腿进行控制，在支撑柱上分别有两个杆件，配置箱型截面支撑，每个支撑包括四个可伸缩的牛腿，共有 32 个牛腿，牛腿不断的伸出和缩回，完成竖向爬升功能。

表 3 液压油缸特征参数表

Table 3 The characteristic parameters of hydraulic cylinder

特征	内径	活塞杆直径	顶升压力	顶升速度	有效行程
Characteristics	Inner diameter	Piston diameter	Raising pressure	Raising speed	Effective distance
参数	400 mm	300 mm	350 t	100 mm/min	5 m

4.2.3 控制系统 控制系统需要对 4 个液压缸和 32 个小缸进行控制，其中液压控制系统通过同步控制来实现 4 个大缸油量调整，完成大缸的同步顶升，电控系统对顶升系统的工作进行检测调控，包括对主缸顶升行程与压力的检测控制。

4.2.4 操作平台 东塔的操作平台由工字钢或者 H 型钢焊接成钢桁架，包括一级桁架、二级桁架（内外圈）、三级桁架。钢桁架操作平台应当有足够的空间来吊装劲性构件，平台的支点设置在核心筒内，满足操作平台的堆砌要求，减缓变形。

4.3 模板安装

基于东塔施工进度，顶模在完成核心筒第一层施工之后进行安装，洞口预留在一层墙体中，装设钢桁架操作平台以及吊装体系。吊装结构根据提前设计好的标准模板设计布置来分组进行，将其连续摆放，先完成临时固定，接着在钢模板上安装背楞，最后用直径 20 的螺杆对桁架背楞进行巩固。顶模的具体安装过程如上文图中图 2 所示。

5 结论

本文分析了爬模和顶模两种模板体系，在实际施工过程中，应当根据对施工质量、安全、速度等方面的要求来进行选择。爬模在安全和质量保证上由于顶模，顶模在施工成本、速度、技术方面占据了很大的优势。广州东塔项目中的建筑，考虑到成本、质量、速度等众多原因，选择顶升模板体系，文中对模板体系的具体选择配置进行了详细的介绍分析，为超高层建筑模板体系的优化设计应用提供了实际基础。目前，顶模技术在超高层建筑中应用较多，在以后的发展中也会不断得到改进，使之更适用现代建筑的需求。

参考文献

[1] 许 蕾.高层建筑施工技术要点及质量控制策略探析[J].民营科技,2015(11):140
 [2] 彭益锋,庄 轶.某超高层 CBD 结构方案选型分析[J].广东土木与建筑,2015(8):7-10
 [3] 秦树亮.斜墙液压整体爬模模架结构分析与施工控制[D].重庆:重庆大学,2014:9-22
 [4] 李凤君.王府井国际品牌中心工程单侧支撑模板体系施工研究[D].北京:清华大学,2015:10-11
 [5] 白 雪,马海彬,姚传勤,等.超高层建筑顶升模板体系设计及模态分析[J].工业建筑,2013,43(5):14-17,51