

高大模板工程施工技术在高层建筑中的应用研究

卢文静¹, 李耀军²

(1. 汉江集团丹江口地产有限责任公司, 湖北 武汉 430040;

2. 汉江水利水电(集团)有限责任公司, 湖北 武汉 430040)

摘要 为解决高层建筑中高大模板工程施工难题, 本文以某高层建筑工程为例, 探讨了高大模板施工技术在高层建筑中的应用。首先, 结合具体工程成功实践, 介绍了案例工程基本情况和结构特点; 其次, 分析了高空作业安全风险、模板体系稳定性控制和技术管理难点等高大模板工程的施工重难点; 再次, 详细说明了模板体系选型设计、安装与拆除工艺、混凝土浇筑技术及测量监控技术等施工技术要点; 最后, 总结材料验收标准、过程控制要点和成品保护措施等质量控制措施与工程应用效果。研究表明, 高大模板技术不仅能有效提高超高层建筑施工效率、质量、安全, 还具有显著的经济效益和社会效益。

关键词 高层建筑; 高大模板工程施工技术; 材料质量; 过程质量; 成品保护

中图分类号: TU755.2; TU974

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.04.016

0 引言

传统模板施工工艺因利用率低、施工效率不高, 难以满足对超高层综合建筑的模板跨度大、模板样式多的需求。高大模板作为新型模板施工技术, 能够有效满足超高层综合建筑对模板跨度大、模板样式多、自动化程度高等要求, 符合现代高层、超高层建筑的需要。超高层建筑大多建筑结构复杂, 功能齐全, 采用常规模板施工难以满足工程的效率、质量及稳定性要求, 特别是工程部位混凝土体量大、空间跨度大、荷载大的区域, 必须有足够的强度、刚度和足够稳定的模板支撑体系, 才能保证施工安全和工程质量符合相关要求。

1 工程概况

1.1 项目背景

本文以中国电建西部科创中心建设项目为例, 该项目是集办公、科研、商业于一体的超高层综合建筑群。项目总建筑面积约 25 万 m², 包括一栋主体塔楼和四栋附楼组成。其中, 主体塔楼建筑高度 350 m, 地下 4 层, 地上 78 层; 附楼高度 98 m, 地下 2 层, 地上 22 层。工程结构形式为框架-核心筒结构, 设计使用年限 50 年, 抗震设防烈度 7 度。

1.2 工程结构特点

案例工程结构设计复杂, 具有高度大、跨度大、荷载重、悬挑结构多等特点。主体塔楼高度大, 标准层高 4.2 m, 最大层高 12 m; 建筑跨度大, 最大净跨达 19.6 m; 荷载重, 部分区域施工荷载达到 30 kN/m²; 悬挑结构多, 最大悬挑长度 8.5 m。这些特点增加了高大模板施工难度, 需要采用承重能力大、稳定性好的高大模板支撑系统。本项目使用高大模板技术的部位如下:

(1) 主体塔楼核心筒墙体, 厚度 800 ~ 1 200 mm, 高度 4.2 m; (2) 转换层大梁, 截面尺寸 1 200 mm × 2 200 mm, 跨度 19.6 m; (3) 共享空间中庭顶板, 厚度 180 mm, 支撑高度 18 m; (4) 附楼报告厅屋盖, 板厚 150 mm, 跨度 24 m (如表 1 所示)。这些部位支撑高度高、荷载大、跨度大, 是危险性较大的分部分项工程, 需编制专项施工方案, 组织专家进行论证。

表 1 高大模板应用部位及参数示例

应用部位	模板高度 (m)	跨度 (m)	荷载 (kN/m ²)	模板类型
核心筒墙体	4.2	6.8	25	钢框胶合板
转换层大梁	9.8	19.6	30	铝合金模板
中庭顶板	18	12.5	18	盘扣支架 + 木模
报告厅屋盖	15.5	24	22	钢立柱 + 复合板

作者简介: 卢文静 (1989-), 女, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 水利工程管理。

2 高层建筑中高大模板工程施工重难点分析

2.1 高空作业安全风险

施工主塔楼最高作业面标高 350 m, 高空风荷载大、作业环境复杂, 模板支撑架安装、拆除过程中人员、物料坠落隐患大, 高空作业对塔吊协同、人员心理要求高。针对高空作业安全难题, 选用整体提升脚手架结合高大模板的施工方 案, 利用主塔楼周边整体电动提升式脚手架为高大模板作业施工构建安全架体平台, 做好高空施工风力监测, 风力在六级以上时停止高空模板作业。

2.2 模板体系稳定性控制

支撑高、荷载重, 模板支撑体系容易失稳导致坍塌事故。本工程中庭顶板支撑高度最高 18 m, 转换层大梁荷载 30 kN/m², 对支撑体系稳定性要求极高。项目应用数字技术对盘扣式脚手架支撑体系建模进行三维受力分析、优化设计, 保证支撑结构稳定。施工中应用全站仪精确控制轴线定位控制, 应用激光水准仪对支撑体系实时监控支撑竖向位移, 从“毫米”上控制, 严把施工过程质量, 杜绝施工安全风险。

2.3 技术管理难点

高大模板施工技术管理的难点主要有以下三点:

(1) 高大模板工程专项方案编写难度大, 需结合结构要求、材料种类、施工作业方式等因素进行编写; (2) 高大模板施工工程多为交叉施工, 模板工程需要与钢筋、混凝土、机电安装等多工种密切合作; (3) 施工质量要求高, 模板安装精度要求高, 其直接影响着混凝土的成型质量。对于项目施工中存在的这些难点, 项目部通过 BIM 技术, 构建全生命周期的数字化协同管理平台, 对项目涉及的设计、施工、运维全过程进行智慧管理, 以施工前的 BIM 三维模型建立及三维建模方案优化为例, 项目通过 BIM 技术, 共识别结构碰撞 37 处、机电管线碰撞 287 处, 有效地避免了施工阶段设计变更和返工^[1]。

3 高层建筑中高大模板工程施工技术要点

3.1 模板体系选型与设计

根据各部位特点, 选用不同的模板体系: 核心筒墙体采用大型钢框胶合板模板, 单块模板尺寸为 3 m×4.2 m, 减少拼缝数量; 转换层大梁采用铝合金模板体系, 一次性投入虽高, 但重复使用次数多, 长期经济效益好; 中庭顶板及报告厅的屋盖采用“承插型盘扣式钢管支架+木胶合板模板”, 综合经济性和安全性。模板设计上进行了详细荷载计算和结构验算。综合考虑混凝土侧压力、施工荷载、风荷载等影响因素, 对模板面板、肋梁、支撑系统进行了强度、刚度和稳定验算, 对于支撑高度 > 8 m、跨度 > 18 m 的部位,

还进行了专家论证, 确保设计安全可靠^[2]。

3.2 模板安装与拆除

高大模板施工中模板安装遵循测量放线, 再按先竖向结构, 后水平结构的顺序安装, 核心筒墙体大模板安装采用“整体提升、分块就位”的安装方式, 将整体电动升降脚手架和结构面布置立柱, 搁置横梁, 再利用手拉葫芦提升大模板, 这样安装效率高, 可不占用塔吊的施工时间, 加快了施工进度。模板拆除的关键是模板拆除时机的确定, 竖向结构模板强度应达到 1.2 MPa 以上, 水平结构模板拆除强度按混凝土强度等级, 当小于 8 m 跨度时强度应达到设计强度的 75% 以上, 大于 8 m 跨度时强度应达到设计强度的 100%, 拆模作业中, 模板拆模应遵循“后支先拆、先支后拆”的原则, 禁止野蛮拆除模板和 大面积撬动模板, 对于高空拆模的模板不得随意抛下, 可利用垂直运输设备或滑轮组将拆模板运到地面。

3.3 混凝土浇筑

大体积混凝土结构浇筑宜采取分区域、分层、连续浇筑方式, 控制浇筑速度与下落高度, 避免高大模板体系受冲击。对于结构高度超过 2 m 的结构, 应采用串筒、溜槽等工具浇筑混凝土, 防止混凝土离析; 对转换层大梁等大体积混凝土结构, 采取分层浇筑方式, 每层厚度不超过 500 mm, 并在底板上预埋 3 层冷却水管, 在冷却水管上下侧布置, 形成横隔 1.5 m×1.5 m 的立体格栅状方式, 这种做法加快了内部混凝土散热效率, 可以有效降低内外温差, 大幅度降低开裂的风险性, 进而保证结构的可靠性及耐久性。

3.4 测量与监控

模板施工阶段, 加强测量监控是确保质量和安全的关键。应用测量监控技术: (1) 浇筑模板之前进行全站仪测量监控轴线测量定位控制; (2) 混凝土浇筑过程运用激光水准仪及时监控支撑体系竖向变形; (3) 采用传感器进行大模支撑体系的应力和变形监测, 数据实时发送至监控中心, 控制监测点选择受力最大和最不利及代表性位置布置, 如大梁中部、大梁悬挑端等; 监测频率在混凝土浇筑期间控制在 30 min/次 (如表 2 所示), 及时发现和处理各种异常情况; 监测预警值取设计值 80%, 报警值取设计值的 90%, 超过报警值立即启动应急预案^[3]。

4 高层建筑中高大模板工程施工质量控制措施

4.1 材料质量控制

进料前对模板、配件等进行质量检查, 查验产品质量合格证、检测报告等质量证明文件; 进场时对其外观、尺寸进行抽查; 进场后按材料抽检规定进行质

表2 高大模板施工监测项目及控制标准

监测项目	监测方法	监测频率	预警值	控制值
立杆沉降	水准仪	浇筑时, 每30 min测1次	5 mm	8 mm
立杆倾斜	全站仪	浇筑时, 每1 h测1次	8%	10%
支撑应力	传感器	实时监测	设计80%	设计90%
模板变形	测微计	浇筑时, 每1 h测1次	3 mm	5 mm

量抽检。钢模板要求板面平整度偏差 ≤ 3 mm/2 m, 厚度允许偏差为 ± 0.5 mm; 木胶合板板面平整度偏差 ≤ 2.0 mm, 厚度不小于15 mm, 含水率 $\leq 12\% \sim 15\%$ 。支撑材料: 采用承插型盘扣式钢管支架, 钢管外径不低于48 mm, 壁厚不小于3.2 mm, 材质符合现行国家标准规定要求。对拉螺栓是高大模板体系重要的受力件, 该项目选用直径不小于14 mm的对拉高强度螺栓, 配套塑料管, 管径选用25 mm。螺栓安装前应做好润滑处理, 便于拆除, 提高周转率, 周转率不小于5次。

4.2 过程质量控制

做好“三检制”, 即班组自检、班组之间互检、专职质检员检查的工作。“三检”的前提是每道工序完成之后均要经过检查, 合格后才能开始进行下一道工序。模板安装成型后, 对模板位置、标高、截面尺寸、垂直度、平整度等指标进行组织各部门联合验收, 模板安装质量验收标准为轴线位置偏差不大于5 mm, 截面尺寸允许偏差 $+2$ mm ~ -5 mm, 垂直度偏差不大于3 mm, 相邻两板表面高低差不大于1 mm。检查验收中发现超过允许偏差的部位进行调整、返工, 直到符合要求。混凝土浇筑过程中安排木工看模, 密切注意模板体系变形和位移变化情况, 当发现胀模、漏浆等情况时, 要及时进行处理并予以记录, 作为下一步改进的依据^[4]。

4.3 成品保护

模板拆除后对表面混凝土清理干净, 涂刷脱模剂, 分类码放; 拆模后混凝土形成结构采取保护, 杜绝磕碰损伤。混凝土表面出现气泡、麻面等小缺陷点使用专门的修补料修补, 达到表面平整、色泽均匀等要求。对过水面混凝土使用塑料薄膜控制混凝土面水分蒸发、土工布保持表面湿润、保温被降低内外温差、铺木板防止面层磨损等多种方式进行全方位保护。

5 高大模板工程施工技术在高层建筑中的应用效果分析

案例工程综合效益良好: (1) 高大模板技术效益显著。大幅提高施工效率, 核心筒墙体施工速度达到3天一层, 较传统方法缩短工期30%以上; 混凝土成型质量好, 表面平整光滑, 达到了清水混凝土效果, 减少了抹灰工序; 提高施工安全, 施工过程中无安全事故, 并将支撑体系变形控制在设计允许范围内。(2) 综合

效益显著。虽然高大模板系统一次性投入较大, 但材料周转率高, 铝合金模板重复使用次数达200次以上, 钢模板达100次以上, 降低了单次使用成本, 减少了抹灰工程量, 节约了材料和人工费用, 缩短了工期, 降低了管理成本。(3) 高大模板施工技术应用社会效益显著。节能环保, 采用钢、铝等可循环利用材料, 减少了木材消耗, 符合绿色施工要求; 提升超高层建筑施工技术水平, 为类似项目提供了实践经验; 作为城市地标性建筑, 提升城市形象^[5]。

6 结论

高大模板施工技术在超高层建筑施工中的应用发挥了重要作用, 进一步加强技术创新和质量控制, 可以促进我国建筑行业整体施工技术水平的提升。本文结合案例工程得出以下结论: (1) 高大模板施工技术是超高层建筑施工中的关键技术之一, 对保证工程质量、安全和进度具有重要作用。本工程采用的钢框胶合板模板、铝合金模板和盘扣式支架组合体系, 充分发挥了各种材料的性能优势, 取得了良好的综合效益。

(2) 数字化技术在高大模板施工中的应用极大地提高了施工管理水平。BIM技术、三维建模、自动化监测等技术的使用, 实现了施工过程的精细化管理和智能化控制, 为高大模板安全施工提供了有力保障。(3) 严格的质量控制体系是高大模板施工成功的重要保证。从材料验收、过程控制到成品保护, 建立全过程质量管理体系, 确保每个环节都处于受控状态, 最终实现了工程质量的预期目标。

参考文献:

- [1] 林榜. 高层建筑工程中悬挑高大模板支撑系统设计与施工[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(15): 1-3.
- [2] 杨琳琳, 柳舒展, 李琳. 高大模板工程施工技术在高层建筑中的应用分析[J]. 建筑技术开发, 2025, 52(06): 43-45.
- [3] 卢杰. 高大模板建筑工程施工技术与质量控制关键点探讨[J]. 居业, 2024(12): 182-184.
- [4] 孙明海, 李治山, 杨启航. 建筑工程高大模板施工技术运用的相关研究与分析[J]. 工程建设与设计, 2024(19): 217-219.
- [5] 冯均才. 超高层综合建筑高大模板施工技术探讨[J]. 中国建筑金属结构, 2023(02): 39-41.