

高层房屋建筑施工技术研究

张海涛 陈文富 杨 瑞
陕西铜川煤矿建设有限公司 陕西 铜川 727000

摘 要：随着城市化加速与土地资源趋紧，高层及超高层建筑成为现代都市的重要标志，其建设对施工技术提出综合性、集成性与创新性挑战。高层建筑具有结构复杂、垂直运输难、安全风险高、环境敏感、工期紧张等特点，传统施工方法已难以满足高质量、高效率、高安全需求。本文系统探讨其核心技术体系：首先分析施工特点与技术挑战，继而从深基坑与基础工程、主体结构、垂直与水平运输、外围护、机电与智能化、绿色施工等维度，剖析主流及前沿技术的原理、流程与控制要点；特别强调BIM与智能建造等数字化技术在全过程整合优化中的关键作用；最后展望未来发展趋势，旨在为推动全球高层建筑技术进步与可持续发展提供理论参考。

关键词：高层建筑；施工技术；核心筒；爬模；BIM；绿色施工

引言

人类对“高度”的追求始终与文明演进相伴，现代摩天大楼不仅是工程技术的象征，更体现社会经济活力与文化自信。21世纪以来，伴随城市人口集聚与土地资源紧缺，高层及超高层建筑凭借高效土地利用，成为解决城市空间需求的核心路径。在中国，城市天际线快速刷新，建筑业已全面迈入“高层时代”。然而，建筑高度的跃升带来技术难度的几何级增长。高层施工并非低层的简单叠加，而是融合多学科、多专业、多技术的复杂巨系统工程，面临深基坑安全、超高层结构精准建造、垂直运输效率、高空作业风险、机电系统集成及环境影响控制等多重挑战。这要求摒弃经验主义与粗放管理，转向系统化创新、精细化控制与智能化手段。因此，深入研究高层建筑施工技术，不仅具重要理论价值，更关乎工程成败、企业竞争力及城市公共安全与可持续发展。本文立足当前技术现状，系统梳理关键施工环节，剖析其逻辑与控制要点，展望未来趋势，旨在构建清晰、完整、前瞻性的高层建筑施工技术知识框架。

1 高层房屋建筑施工的特点与技术挑战

高层房屋建筑的施工活动因其独特的物理属性和规模效应，呈现出与普通建筑截然不同的特征，并由此衍生出一系列复杂的技术难题。

1.1 主要施工特点

高层建筑施工最显著的特点是“高”与“深”。其一，垂直高度大，导致施工周期长，受高空风荷载、温度变化等自然因素影响更为剧烈，对结构的侧向刚度和稳定性要求极高。其二，基础埋置深，通常需要开挖数十米深的基坑，这不仅工程量巨大，而且对基坑支护结构的安全性和周边既有建筑、地下管线的保护提出了严苛要

求。其三，结构体系复杂，为了抵抗强大的水平力（如风、地震），高层建筑普遍采用核心筒、巨型框架、伸臂桁架、外框筒等高效抗侧力体系，这些结构形式施工工艺复杂，精度要求极高。其四，施工组织难度大，大量的材料、设备、人员需要在有限的场地内，通过垂直通道进行高效、有序的流转，物流组织与平面管理异常复杂。最后，安全风险高度集中，高空坠落、物体打击、大型机械设备倾覆等风险源数量多、能量大，安全管理的压力空前巨大。

1.2 核心技术挑战

上述特点直接转化为具体的技术挑战。首先是深基坑工程的稳定性与变形控制。如何在软弱土层或高水位地区，设计并实施一套安全可靠、经济合理的支护与降水方案，将基坑变形严格控制在允许范围内，是项目能否顺利启动的前提。其次是主体结构的高效精准建造。如何在保证结构安全与质量的前提下，最大限度地缩短标准层施工周期，是控制项目总工期的关键。这要求施工工艺必须高度工业化、标准化和机械化。再者是超高层垂直运输的瓶颈突破。随着高度增加，电梯井道内的风压、缆绳自重等因素会严重影响施工电梯的运行效率与安全，如何优化垂直运输系统布局，提升运能，是贯穿始终的难题^[1]。此外，高空作业的安全保障、复杂机电管线的综合排布与安装、建筑外围护结构（尤其是幕墙）的高空安装精度与安全，以及施工过程对城市环境（噪音、粉尘、光污染）的影响控制，都是高层建筑施工中必须系统性解决的重大课题。

2 深基坑与基础工程施工技术

深基坑工程是高层建筑施工的第一道难关，其成败直接关系到整个项目的安全与进度。

2.1 支护结构体系

根据地质条件、基坑深度、周边环境敏感度等因素,可选择多种支护形式。地下连续墙因其整体性好、刚度大、防渗性能优,常作为超深基坑的首选围护结构,既能挡土又能止水。钻孔灌注桩+止水帷幕(如三轴水泥土搅拌桩、高压旋喷桩)是另一种广泛应用的组合式支护体系,经济性较好。对于较深的基坑,还需设置内支撑(钢筋混凝土或钢结构)或锚索来平衡土压力。内支撑体系刚度大、变形小,但会占用内部空间,影响土方开挖和地下室结构施工;锚索则对周边地层有要求,且存在长期耐久性问题。近年来,逆作法施工技术因其能有效控制基坑变形、缩短总工期等优点,在城市中心区密集建筑群中的高层项目中得到越来越多的应用。

2.2 降水与地下水控制

地下水是基坑工程的大敌。有效的降水方案是确保基坑干燥、防止管涌流沙、保障施工安全的关键。常用的降水方法包括管井降水、轻型井点降水等。设计时需精确计算涌水量,合理布置降水井点,并持续监测水位变化^[2]。同时,必须高度重视降水对周边环境的影响,采取回灌等措施,防止因地下水位过度下降而导致邻近建筑物或管线发生不均匀沉降。

2.3 大体积混凝土基础施工

高层建筑的基础(如筏板基础、桩筏基础)通常体量巨大,属于典型的大体积混凝土结构。其施工的核心挑战在于温度裂缝控制。必须从材料选择(低热水泥、掺合料)、配合比优化(降低水胶比、减少水泥用量)、浇筑工艺(分层分块、斜面推进)到养护措施(保温保湿、内部冷却)等各个环节,实施全过程的温控管理,通过埋设传感器实时监测内外温差,动态调整保温策略,将温度应力控制在混凝土抗拉强度允许范围内。

3 主体结构施工技术

主体结构施工是高层建筑建设的核心阶段,其技术选择直接决定了施工效率与成本。

3.1 核心筒先行施工技术

在绝大多数高层建筑中,钢筋混凝土核心筒(内含电梯井、楼梯间、设备管井)是主要的抗侧力构件和施工期间的“生命线”。因此,普遍采用“核心筒先行”的施工策略。即利用先进的模板体系,使核心筒的施工速度领先于外框结构数层,为核心筒内的施工电梯、布料机等垂直运输和混凝土泵送设备提供附着点,从而形成高效的“空中生产线”。

3.2 先进模板体系的应用

模板体系是实现核心筒快速、高质量施工的关键。

液压爬模(或称顶模、提模)是目前超高层建筑核心筒施工的主流技术。该系统将模板、操作平台、液压顶升机构集成于一体,完成一层施工后,整个系统可沿预埋墙体内部的导轨或爬锥自动爬升至上一层,无需塔吊吊运,极大地提高了施工速度和安全性。对于外框结构,铝合金模板因其重量轻、周转次数高、成型质量好、可实现早拆等优点,已成为标准层施工的优选。而装配式整体钢平台模架体系则集成了模板、脚手架、布料机、堆场等功能,实现了外框结构的同步、立体化施工。

3.3 高强高性能混凝土泵送技术

高层建筑对混凝土强度要求高,而高强混凝土通常粘度大、泵送阻力大。超高层泵送(300米以上)更是面临堵管、离析、泵机负荷过大等风险。为此,必须精心设计混凝土配合比,选用优质原材料和高效减水剂,确保其具有优异的流动性、粘聚性和保塑性^[3]。同时,需对泵送设备(如高压混凝土泵、耐磨输送管)进行专门选型和维护,并优化泵管布设路径,减少弯头,确保泵送过程连续、稳定。

4 垂直与水平运输、外围护及机电安装技术

主体结构封顶后,工程重心转向内部装修与设备安装,高效的物流组织和精密的安装技术成为关键。

4.1 垂直与水平运输系统

施工电梯是人员和零星物料垂直运输的主力。在超高层建筑中,常采用双笼甚至多笼高速变频施工电梯,并随着结构升高进行接力或转换。塔吊的选择与布置至关重要,需综合考虑吊次、覆盖范围、附着方式及拆除方案。****Mast Climbing Work Platforms ****(MCWP)等新型高空作业平台也为幕墙安装等提供了灵活高效的解决方案。水平运输则依赖于楼层内的通道规划和小型搬运设备。

4.2 建筑外围护结构施工

高层建筑的外围护,尤其是玻璃幕墙,是其外观形象的决定性因素。幕墙施工需在主体结构验收合格、测量放线精确复核后进行。其技术难点在于高空作业的安全防护、单元板块的精准吊装与定位以及连接节点的可靠密封。通常采用单元式幕墙,在工厂预制完成大部分工作,现场仅进行吊装和少量拼接,大大提高了安装效率和质量。施工过程中,必须使用专业的幕墙吊装设备,并建立完善的风速监测与应急预案。

4.3 机电安装与智能化系统

高层建筑的机电系统(HVAC、给排水、消防、强弱电)极其复杂,管线纵横交错。BIM技术在此环节发挥着不可替代的作用,通过三维模型进行管线综合排布(CSD),提前发现并解决各专业间的碰撞冲突,生成精

准的施工图纸和预制加工图,实现工厂化预制、现场装配式安装,极大提升了安装精度和效率^[4]。智能化系统(BA、FA、SA等)的集成调试,则是确保建筑未来高效、舒适、安全运营的关键。

5 BIM与智能建造技术的集成应用

面对高层建筑施工的极端复杂性,以BIM为代表的数字化、智能化技术已成为破局的关键。

5.1 BIM技术的全生命周期应用

BIM不仅仅是三维建模工具,更是一个贯穿项目全生命周期的信息管理平台。在高层建筑施工中,BIM的应用体现在:深化设计阶段,进行多专业协同与碰撞检查;施工模拟(4D/5D)阶段,将施工进度、资源计划与模型关联,优化工序和资源配置;预制加工阶段,为钢结构、幕墙、机电管线等提供精准的加工数据;现场管理阶段,通过移动端应用,实现基于模型的质量、安全、进度问题的可视化管理和闭环追踪。BIM打通了设计、施工、运维的数据壁垒,实现了信息的高效流转与共享。

5.2 智能建造的前沿探索

在BIM的基础上,智能建造进一步融合了物联网(IoT)、人工智能(AI)、机器人等技术。例如,通过在施工现场部署传感器网络,可以实时监测塔吊运行状态、基坑变形、环境参数等,实现安全风险的智能预警。建筑机器人(如砌筑机器人、喷涂机器人、焊接机器人)开始在特定场景下替代人工,提高作业精度和效率,降低安全风险。无人机则被广泛应用于进度巡检、土方量测算、高空安全检查等任务。这些技术的集成应用,正逐步推动高层建筑施工向少人化、自动化、智能化的方向演进。

6 绿色施工与可持续发展

高层建筑作为城市的重要组成部分,其施工过程必须践行绿色发展理念,最大限度地减少对环境的负面影响。

6.1 资源节约与环境保护

绿色施工要求从源头上减少资源消耗和废弃物产生。这包括推广高强高性能材料以减少材料用量,采用可周转、可回收的模板和脚手架体系(如铝模、盘扣架),实施建筑垃圾分类与资源化利用。在环境保护方面,需采

取有效措施控制施工扬尘(如雾炮、围挡喷淋)、噪音(选用低噪设备、合理安排作业时间)、污水(设置沉淀池)和光污染(调整照明角度)。

6.2 节能与碳减排

施工过程本身也是能源消耗和碳排放的重要来源。通过优化施工方案、采用节能型施工设备、利用可再生能源(如太阳能临时照明),可以有效降低施工能耗。更重要的是,通过精细化的施工管理,减少返工和浪费,本身就是一种重要的节能降碳行为。未来,建筑隐含碳的核算与控制将成为绿色施工的新焦点。

7 结语

高层房屋建筑施工技术是一个不断发展、持续创新的领域。从深基坑的稳固开挖,到主体结构的高效攀升,再到内部系统的精密安装,每一项技术的进步都凝聚着工程智慧与实践经验。当前,以“核心筒先行+先进模板体系”为主体的结构施工模式,以BIM为核心的数字化管理平台,以及以资源节约、环境友好为目标的绿色施工理念,共同构成了现代高层建筑施工技术的三大支柱。展望未来,高层建筑施工技术将沿着更加智能化、工业化、绿色化的方向深度融合。智能建造技术将从单点应用走向系统集成,形成覆盖“感知-分析-决策-执行”全链条的智能工地。装配式建造模式将进一步普及,更多建筑部品部件将在工厂完成,现场作业将趋向于“搭积木”式的高效组装。同时,对建筑全生命周期碳足迹的关注,将倒逼施工技术向更低能耗、更少排放的方向革新。

参考文献

- [1]苏国正,聂玉新,王海超.高层房屋建筑结构施工技术措施[J].中国建筑装饰装修,2025,(14):178-180.
- [2]郑改生.高层房屋建筑施工技术的要点及价值[J].中国建筑装饰装修,2025,(11):190-192.
- [3]宫钦寿.高层房屋建筑工程施工技术要点分析[J].建设机械技术与管理,2025,38(01):118-120.
- [4]易璐瑶.高层房屋建筑施工技术的关键技术与应用研究[C]//冶金工业教育资源开发中心.2024精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(中册).中建海峡建设发展有限公司,2024:57-60.