

高层建筑工程施工技术难点及解决方案

黄新亚

安徽建工水利开发投资集团有限公司 安徽 蚌埠 233000

摘要：本文深入分析了高层建筑在施工中的关键技术难点，包括深基坑支护、超高层泵送混凝土、垂直运输效率、结构转换层施工、大体积混凝土裂缝控制、幕墙安装精度及多专业协调管理等问题，并结合实际案例提出系统性解决方案。通过应用BIM技术、智能运输系统、模块化施工等创新手段，显著提升施工效率与质量，推动高层建筑向更高、更智能方向发展。

关键词：高层建筑；施工技术难点；BIM技术；智能运输；模块化施工

引言

随着城市化进程加快，高层建筑作为集约利用土地资源的典型形式，其施工技术面临诸多挑战。本文从深基坑支护、超高层混凝土泵送、垂直运输效率等关键难点入手，结合工程案例与技术前沿，探讨系统性解决方案。

1 高层建筑工程施工技术难点分析与解决方案

在高层建筑工程的施工过程中，技术难点是不可避免的挑战，但通过科学的分析和创新的解决方案，可以确保工程的顺利进行和高质量完成。

1.1 深基坑支护与周边环境保护

深基坑支护是高层建筑施工中的基础环节，尤其在城市繁华地段，施工空间受限，基坑周边密布着建筑物、地下管线及地铁设施，变形控制要求极为严格。同时，深基坑支护不仅需要确保安全性，还要兼顾经济性，传统的支护方式往往难以满足复杂多变的地质条件。为了解决这一难题，我们可以选择地下连续墙作为支护类型。地下连续墙适用于大面积、有地下水的深基坑，其刚度大、强度高，具有挡土、承重、截水、抗渗等多重功能。在施工工艺上，需要精心设置导墙，其厚度不应小于200mm，埋深不小于1.5m，结构形式可采用倒“L”型或“[”型，以确保稳定性和导向性。泥浆的配比也是关键，应根据地质条件设计合理的配合比，储备量宜为每日计划最大成槽方量的2倍以上，以保证成槽过程中的泥浆供应。在成槽机械的选择上，抓斗式成槽机适用于粘性土、砂性土及砾卵石土，而双轮铣成槽机则更适用于淤泥、砂、砾石、卵石及中等硬度岩石^[1]。内支撑体系的设计同样重要，首道内支撑优先选用钢筋混凝土支撑，钢支撑则可采用Q235钢，形式包括横向对撑、斜撑、桁架等，以满足不同部位的支撑需求。立柱与腰梁的设置也需合理，立柱间距不宜超过15m，腰梁宜采用钢结构或钢筋混凝土结构，以增强整体稳定性。上

海中心大厦就是一个成功的案例。该项目采用了地下连续墙结合内支撑体系，通过精密的施工控制和监测，基坑变形得到了有效控制。核心筒边测点的最大变形值仅为101.3mm，巨柱处测点的最大变形值为75.44mm，角柱处测点的最大变形值则为65.39mm，充分证明了该支护方案的有效性和可靠性。

1.2 超高层泵送混凝土技术瓶颈

在超高层建筑施工中，泵送混凝土的高度往往超过200m，这使得混凝土的粘度增大，泵送阻力剧增，容易出现堵管、爆管等问题。同时，高标号混凝土（如C80-C100）的水化热易引发温度裂缝，影响结构的耐久性。为了克服这些技术瓶颈，我们需要从材料和设备两方面入手。在材料优化方面，应精心设计配合比，平衡水泥用量与可泵性，粗骨料粒径与管径之比宜小于1:5，坍落度控制在180-200mm之间。选用低水化热水泥可以减少水化热，降低温度裂缝的风险。骨料应选择尖锐扁平石子含量少的类型，最大粒径与管径之比小于1:5。此外，复合使用粉煤灰和外加剂可以减少用水量，改善混凝土的和易性。在设备升级方面，应选用超高压混凝土泵，如三一重工HBT9022CH-5D泵，其理论输送压力可达22MPa，输送量达到70m³/h，能够满足超高层泵送的需求。输送管应选择直径125mm的规格，并采用特殊固定装置防止爆管。深圳平安金融中心就是一个成功的案例。该项目使用了C100高强混凝土，通过优化配合比和泵送设备，成功实现了400m高度的一次泵送，充分展示了我国在超高层泵送混凝土技术方面的实力。

1.3 垂直运输效率与多专业协调

在超高层施工中，塔吊、施工电梯等垂直运输设备的效率直接影响施工进度。同时，机电、幕墙、消防等多专业交叉作业，协调难度大，容易出现窝工和返工现象。为了提高垂直运输效率和多专业协调效率，我们

可以引入智能运输系统和模块化施工理念。智能运输系统通过AGV与垂直提升机接驳,实现货物的自动运输和实时定位。AGV采用Wi-Fi、蓝牙等无线技术,通过MQTT、AMQP等协议传输数据,确保运输过程的准确性和可靠性。运输管理系统可以实时监控货物位置与状态,优化配送计划,降低运输成本^[2]。模块化施工则是一种将建筑分解成若干模块,在工厂生产完成后运输到现场进行组装的施工方式。这种方式可以大大减少现场施工的工作量,提高施工效率。工厂生产可以完成60%-90%的工作量,包括结构组件组装、机电安装、室内装饰等。运输与安装过程则采用起重机堆叠安装,螺栓固定并密封,确保模块的稳定性和安全性。北京中国尊项目就是智能运输系统和模块化施工理念的成功应用。该项目利用BIM技术模拟施工流程,将塔吊使用率提升了30%,多专业协同效率提高了40%,为超高层建筑的施工提供了新的思路和方法。

1.4 结构转换层施工与荷载传递

在高层建筑中,结构转换层需要承受上部荷载并传递至下部结构,同时大体积混凝土易因温度应力开裂。为了解决这一问题,我们需要采用荷载传递技术和跳仓法施工。荷载传递技术通过支撑柱+环梁体系将荷载分散至多根支撑柱,降低单点荷载,确保荷载的均匀传递。同时,通过结构计算确定支撑系统的受力分布,确保结构的安全性和稳定性。跳仓法施工则将大体积混凝土分

成若干小块进行浇筑,每个分块的最大单向尺寸控制在40m以内,相邻分块的施工间隔至少7天,以减少混凝土的约束应力,降低开裂风险。广州东塔就是采用荷载传递技术和跳仓法施工的成功案例。该项目成功控制了裂缝发生率,低于0.5%,充分证明了这些技术的有效性和可靠性。

1.5 大体积混凝土裂缝控制

大体积混凝土内外温差超过25℃时,易产生温度裂缝,影响结构的安全性和耐久性。为了控制裂缝的产生,我们需要从配合比优化、温控措施和养护工艺三方面入手。在配合比优化方面,选用低水化热水泥可以减少水化热,降低温度裂缝的风险。同时,控制骨料的含泥量 $\leq 1\%$,级配合理,确保混凝土的强度和稳定性。添加缓凝剂可以延缓水化热的释放,减少温度裂缝的产生。在温控措施方面,埋设冷却水管通过循环水降温,控制内外温差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 。同时,采用分层浇筑的方式,如全面分层、分段分层或斜面分层,分层厚度控制在300-500mm之间,以减少混凝土的约束应力^[3]。在养护工艺方面,蓄水养护可以保持混凝土的湿润状态,有利于混凝土的水化反应。蓄水深度应 $\geq 100\text{mm}$,并覆盖草袋或湿砂以防止水分蒸发。养护时间应延长至28天,确保混凝土充分水化,提高强度和耐久性。上海环球金融中心就是大体积混凝土裂缝控制的成功案例。该项目通过优化配合比、分层浇筑和精心养护,裂缝控制率达到了98%,充分展示了我国在裂缝控制方面的技术实力。

表1 大体积混凝土裂缝控制相关技术参数表

参数类型	具体参数
混凝土配合比	用水量: $170\text{kg}/\text{m}^3$ 以下(耐久性要求高的混凝土不超过 $160\text{kg}/\text{m}^3$)
	含石量: 不低于 $1050\text{kg}/\text{m}^3$
	浆骨比: C30~C40不宜大于1:2, C40~C60不宜大于1:1.86
	胶凝材料用量: C60以下混凝土最大用量不宜大于 $550\text{kg}/\text{m}^3$
温控措施参数	分层浇筑厚度: 不大于3.0m(基础强约束区不大于1.5m)
	浇筑间隔期: 不大于7天
	冷却水管间距: 0.5m~1.5m
	冷却水流速: 不小于0.6m/s
	冷却水与混凝土内部温差: 不大于 25°C
养护工艺参数	养护时间: 保湿养护不少于14天, 蓄水养护水深不小于100mm
	养护水温度与混凝土表面温度之差: 不宜大于 15°C
	保温覆盖层拆除条件: 混凝土表面温度与环境温度最大温差小于 20°C

1.6 幕墙安装精度与高空作业安全

超高层幕墙的安装精度要求极高,误差必须控制在3mm以内。同时,高空作业风险大,玻璃、石材等幕墙材料易损,需精准吊装。为了解决这些问题,我们可以采用BIM预拼装和机器人辅助安装技术。BIM预拼装利用

BIM模型模拟幕墙安装过程,生成加工图与安装方案,确保幕墙的精确安装。同时,通过碰撞检测优化管线布局,避免安装冲突,提高安装效率。机器人辅助安装则可以提高安装精度和效率,定位精度可达 $\pm 1\text{mm}$ 。对于小型构件的运输和安装,可以采用无人机运输至指定位

置,减少人工高空作业的风险^[4]。深圳湾超级总部项目就是BIM预拼装和机器人辅助安装技术的成功应用。该项目使用BIM技术优化幕墙分格,结合机器人安装,效率提升了50%,为超高层幕墙的安装提供了新的解决方案。

2 前沿技术应用与展望

2.1 BIM技术全生命周期应用

BIM技术,即建筑信息模型技术,是一种集成了建筑工程项目各种相关信息的数据模型,它涵盖了设计、施工、运维等全生命周期的各个阶段。在施工模拟方面,BIM技术通过三维建模和虚拟仿真,能够直观地展示施工过程中的每一个环节,从而在施工前就能预测出可能遇到的风险和问题,如结构冲突、管线布局不合理等。这种“预演”方式使得施工团队能够提前制定优化方案,减少现场变更,有效避免了因设计缺陷或施工不当导致的返工和浪费。成本控制是建筑项目管理中的核心环节,而BIM技术的应用为精准预算提供了可能。通过将工程量清单与BIM模型集成,项目管理人员可以实时获取准确的工程量数据,结合市场价格信息,快速生成详细的成本预算。这种基于模型的成本控制方式,不仅提高了预算的准确性,还有助于项目成本的动态管理,使项目团队能够及时调整施工计划,控制成本超支风险。当建筑项目进入运维阶段,BIM模型的价值并未随之终结,反而发挥了更加重要的作用。将BIM模型移交至运维管理部门,可以为设施管理提供全面的数据支持。无论是设备维护、空间管理还是能源管理,BIM模型都能提供详尽的信息,帮助运维团队高效地进行设施管理和决策。

2.2 智能监测与预警系统

智能监测与预警系统是现代建筑安全管理的有力工具。它通过部署各类传感器,实时监测建筑结构的变形、温度应力、振动等关键参数,确保建筑在极端天气或异常情况下的安全性。数据采集是智能监测系统的基础,高质量的传感器和精确的数据采集技术能够确保监测数据的准确性和可靠性。这些数据通过无线网络传输至中央数据库,为后续的分析和预警提供基础。预警机制是智能监测系统的核心功能。系统根据预设的阈值,对实时监测数据进行实时分析,一旦发现异常数据,如结构变形超过安全范围或温度应力异常升高,系统将立即触发预警,通过短信、邮件或APP推送等方式,及时将预警信息发送给相关人员。这使得项目团队能够在第一

时间采取措施,如疏散人群、启动应急预案等,有效避免或减轻灾害造成的损失。此外,智能监测系统还可以与其他建筑管理系统集成,如BIM系统、能源管理系统等,实现建筑信息的共享和协同管理。

2.3 绿色施工技术

随着环保意识的增强,绿色施工已成为建筑行业的重要发展趋势。绿色施工技术旨在通过采用环保材料、节能设备和优化施工方法,减少施工过程中的环境污染和能源消耗。再生材料的利用是绿色施工的重要组成部分。建筑废弃物,如废旧混凝土、砖瓦等,经过加工处理,可以转化为再生骨料,用于生产新的混凝土或建筑材料。这种循环利用的方式不仅减少了建筑废弃物的排放,还节约了自然资源,降低了建筑成本。节能设备的应用是绿色施工的另一大亮点。在施工过程中,采用太阳能照明、空气能热泵等节能设施,可以显著降低施工能耗。太阳能照明系统利用太阳能光伏板将太阳能转化为电能,为施工现场提供照明,既环保又经济。空气能热泵则利用空气中的热能进行加热或制冷,相比传统能源设备,具有更高的能效比。此外,绿色施工还强调施工方法的优化,如采用模块化施工、预制构件等,减少现场湿作业,降低施工噪音和粉尘污染。

结语

高层建筑施工技术需针对深基坑支护、超高层泵送、垂直运输等难点,结合BIM技术、智能设备与模块化施工等创新手段,形成系统性解决方案。通过详细分析技术难点、优化材料与设备、引入智能系统,可显著提升施工效率与质量。未来,随着建筑科技持续发展,高层建筑将向更高、更智能、更绿色方向迈进,推动城市空间的高效利用与可持续发展。

参考文献

- [1]段建宇.高层建筑工程施工技术重点与难点探究[J].建材发展导向,2024,22(14):58-60.
- [2]官钦寿.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.
- [3]王建林.土木工程中高层建筑结构施工技术分析[J].建材发展导向,2024,22(19):107-109.
- [4]曹守锋,吴丽娟.高层建筑工程施工技术及其质量控制要点研究[J].中国高新科技,2024,(14):133-135.