

数字化施工技术在建筑工程质量控制中的应用

葛建琦

内蒙古第三建筑工程有限公司 内蒙古 呼和浩特 010051

摘要: 随着信息技术的飞速发展,数字化施工技术逐渐在建筑工程领域得到广泛应用。本文深入探讨了数字化施工技术在建筑工程质量控制中的具体应用,包括BIM技术、物联网技术、大数据技术、3D打印技术等在施工过程管理、质量检测与评估、协同工作等方面的作用。通过分析实际案例,阐述了数字化施工技术如何有效提升建筑工程质量,解决传统施工中的质量问题,同时指出了当前应用中面临的挑战并提出了相应的对策,旨在为推动数字化施工技术在建筑工程质量控制中的进一步发展提供参考。

关键词: 数字化施工技术; 建筑工程; 质量控制; BIM技术; 物联网技术

1 引言

建筑工程质量直接关系到人民生命财产安全和社会稳定发展。在传统建筑工程施工过程中,质量控制主要依赖人工经验、纸质文档记录和简单的测量工具,存在信息传递不及时、不准确,质量检测效率低,难以全面把控施工质量等问题。随着信息技术的不断进步,数字化施工技术应运而生,为建筑工程质量控制带来了新的机遇和方法。数字化施工技术通过整合计算机技术、网络技术、传感器技术等多种先进技术,实现了施工过程的数字化、可视化和智能化管理,能够更精准、高效地控制建筑工程质量,成为当前建筑行业发展的趋势。

2 数字化施工技术在建筑工程质量控制中的主要技术类型及应用原理

2.1 BIM技术

在施工前,利用BIM技术进行三维可视化设计,能够提前发现设计中的冲突和问题,如管线碰撞、结构与设备安装空间不足等,通过碰撞检测功能对模型进行分析,生成碰撞报告,设计师可根据报告及时调整设计,避免施工过程中的返工,从源头上保证施工质量。在施工过程中,BIM模型可作为施工进度管理和质量控制的依据。通过将施工进度计划与BIM模型关联,实现4D进度模拟,直观展示各施工阶段的任务和时间安排,管理人员可根据模拟结果合理安排施工顺序和资源调配,确保施工按照计划有序进行,减少因施工混乱导致的质量问题。同时,BIM模型还可以为施工人员提供详细的施工信息,如构件尺寸、安装位置、施工工艺等,指导施工人员准确施工,提高施工精度和质量。

2.2 物联网技术

在建筑工程中,通过在建筑材料、构配件、施工设备等物体上安装传感器,实时采集其状态信息,如温

度、湿度、应力、变形等。这些数据通过无线网络传输到监控中心,管理人员可以实时掌握施工过程中的各种参数变化。例如,在大体积混凝土浇筑过程中,通过在混凝土内部布置温度传感器,实时监测混凝土的温度变化,当温度超过或低于设定阈值时,系统自动发出警报,施工人员可及时采取措施,如调整养护方式,防止混凝土因温度应力产生裂缝,从而保证混凝土施工质量^[1]。同时,物联网技术还可以对施工设备进行远程监控和管理,实时了解设备的运行状态、位置信息等,提前发现设备故障隐患,及时进行维护保养,确保设备正常运行,避免因设备故障导致的施工质量问题。

2.3 大数据技术

在建筑工程施工过程中,会产生大量的数据,如施工进度数据、质量检测数据、材料检验数据、人员考勤数据等。大数据技术可以对这些数据进行整合和分析,通过建立质量数据模型,分析影响建筑工程质量的各种因素之间的关系,找出影响质量的关键因素和潜在风险点。例如,通过对不同施工阶段、不同施工部位的质量检测数据进行分析,发现某些施工环节或施工队伍的施工质量波动较大,管理人员可以有针对性地加强这些环节和队伍的质量管控,制定相应的改进措施。同时,大数据技术还可以对历史质量数据进行挖掘,总结以往类似工程的质量问题和解决方案,为当前工程的质量控制提供参考和借鉴,提高质量控制的科学性和有效性。

2.4 3D打印技术

在建筑工程中,3D打印技术可以用于建筑构件的制造。与传统的制造工艺相比,3D打印技术具有高度的精确性和可重复性,能够按照设计要求精确制造出复杂形状的建筑构件,减少因加工误差导致的质量问题。同时,3D打印技术可以实现构件的一体化成型,减少了

构件之间的连接节点,降低了因连接问题导致的质量隐患。此外,在施工过程中,3D打印技术还可以用于现场快速建造一些小型建筑结构或临时设施,如建筑小品、临时围挡等,由于其施工过程的高度自动化和数字化控制,能够有效保证这些结构的质量和精度。

3 数字化施工技术在建筑工程质量控制中的具体应用场景及优势

3.1 施工过程管理

3.1.1 施工进度与质量协同控制

传统施工中,施工进度与质量控制往往存在脱节现象,为了赶进度而忽视质量的情况时有发生。数字化施工技术通过BIM技术实现4D进度模拟,将施工进度计划与三维模型相结合,管理人员可以直观地看到每个施工阶段的任务、时间和空间关系。在施工过程中,实时监控实际进度与计划进度的偏差,一旦发现偏差可能影响质量,如因赶工导致混凝土养护时间不足等,及时调整施工计划,确保在保证质量的前提下合理安排进度。例如,在某大型商业综合体项目中,通过BIM 4D模拟,提前发现部分区域施工顺序不合理可能导致后续专业施工困难,影响质量,项目团队及时调整了施工方案,优化了施工顺序,有效避免了质量问题,同时保证了项目按时推进。

3.1.2 资源动态调配与质量保障

数字化施工技术借助物联网和大数据技术,实时掌握施工现场各类资源(如人员、材料、设备)的状态和需求。根据施工进度和质量要求,动态调配资源。例如,通过安装在设备上的传感器,实时了解设备的运行状况和使用效率,当某台设备出现故障或效率低下时,及时安排维修或调配其他设备,避免因设备问题影响施工质量。对于材料管理,利用RFID(无线射频识别)技术对材料进行跟踪管理,实时掌握材料的库存、使用情况,确保材料质量符合要求,避免因材料供应不及时或质量问题导致施工中中断或质量缺陷^[2]。在某高层住宅项目中,通过物联网技术对塔吊等大型设备进行实时监控,及时发现一台塔吊的钢丝绳存在磨损隐患,立即安排更换,避免了可能因钢丝绳断裂导致的安全事故和质量问题,同时根据材料库存数据提前安排材料采购,保证了施工的连续性和质量稳定性。

3.2 质量检测与评估

3.2.1 实时质量监测与预警

物联网技术使得在施工过程中能够对关键部位和关键工序进行实时质量监测。通过在混凝土结构中埋设应变传感器、位移传感器等,实时采集结构的应力、变

形等数据,并将数据传输到监控中心。利用大数据技术对这些数据进行分析,建立质量预警模型,当数据超出正常范围时,系统自动发出警报,通知相关人员及时处理。例如,在桥梁工程中,对主梁的应力、挠度等参数进行实时监测,一旦发现异常数据,如应力突然增大或挠度超过设计允许值,立即组织专家进行现场勘查和分析,采取相应的加固措施,确保桥梁结构质量安全。

3.2.2 非破坏性检测与精准评估

数字化施工技术为建筑工程质量检测提供了非破坏性的检测手段。例如,利用激光扫描技术对建筑结构进行三维扫描,获取结构的精确几何信息,与BIM模型进行对比分析,快速发现结构的尺寸偏差、平整度等问题。红外热成像技术可以检测建筑物的外墙保温性能、渗漏情况等,通过分析物体表面的温度分布,找出潜在的保温缺陷或渗漏点,无需对建筑物进行破坏性检测,既提高了检测效率,又保证了建筑物的完整性^[3]。在某历史建筑保护工程中,采用激光扫描和红外热成像技术对建筑进行全面检测,准确发现了一些隐蔽的质量问题,如墙体内部空洞、屋面渗漏隐患等,为后续的修缮工作提供了精准依据,确保了修缮后的建筑质量。

3.3 协同工作与沟通

3.3.1 多参与方信息共享与协同决策

建筑工程涉及建设单位、设计单位、施工单位、监理单位等多个参与方,传统沟通方式存在信息传递不及时、不准确等问题,容易导致各方对质量要求理解不一致。数字化施工技术通过建立基于云计算的协同工作平台,将各参与方的信息整合在一起,实现信息的实时共享和协同工作。例如,在BIM协同平台上,设计单位可以及时将设计变更信息推送给施工单位和监理单位,施工单位在施工过程中遇到问题也可以及时反馈给设计单位和建设单位,各方共同讨论解决方案,确保质量问题得到及时解决。在某大型医院建设项目中,通过BIM协同平台,各参与方在施工过程中密切配合,及时解决了多个专业之间的设计冲突和施工协调问题,有效提高了工程质量,缩短了工期。

3.3.2 远程专家会诊与技术支持

利用数字化技术,当施工现场遇到复杂的质量问题时,可以通过视频会议、远程监控等方式,邀请异地专家进行远程会诊。专家可以通过实时查看施工现场的图像、数据等信息,与现场人员进行沟通交流,共同分析问题产生的原因,提出解决方案。这种方式打破了地域限制,能够快速获取专家意见,为解决质量问题提供有力支持。例如,在某偏远地区的工业厂房建设项目中,

遇到一个复杂的钢结构连接质量问题,现场技术人员通过远程视频会议系统,与多位行业专家进行沟通,专家们根据现场数据和图像,迅速给出了合理的解决方案,确保了钢结构施工质量。

4 案例分析:上海中心大厦

4.1 项目概况

上海中心大厦位于上海陆家嘴金融贸易区,总高度632米,结构高度580米,是中国第一高楼、世界第二高楼。项目总建筑面积57.6万平方米,包含办公、酒店、观光等多种功能,其建筑结构复杂,施工难度极大,对质量控制要求近乎苛刻。

4.2 数字化施工技术应用

4.2.1 BIM技术深度应用

在项目设计阶段,利用BIM技术构建了包含建筑、结构、机电等全专业信息的三维模型。通过碰撞检测功能,提前发现了3000余处管线与结构、设备之间的碰撞问题,避免了施工过程中的大量返工。例如,在机电管线与结构梁的碰撞检测中,BIM模型直观地展示了碰撞位置,设计团队及时调整了管线走向和结构预留洞口位置,确保了施工的顺利进行。在施工过程中,基于BIM模型进行了4D进度模拟,将施工进度计划与三维模型关联,直观展示各施工阶段的任务和时间安排。通过4D模拟,优化了核心筒和外框结构的施工顺序,合理安排了塔吊、施工电梯等大型设备的布置和使用,避免了施工过程中的相互干扰,提高了施工效率和质量。同时,利用BIM模型对施工人员进行可视化交底,施工人员可以通过移动设备随时查看构件的详细信息和施工工艺要求,提高了施工的准确性和质量意识。

4.2.2 物联网技术保障施工安全与质量

在施工现场布置了大量的传感器,对塔吊、施工电梯等大型设备的运行状态进行实时监测。通过安装在设备上的传感器,实时采集设备的运行参数,如塔吊的起重量、幅度、高度、回转角度等,以及施工电梯的运行速度、载重量等。一旦设备运行参数超出正常范围,系统自动发出警报,提醒操作人员及时采取措施。例如,在一次塔吊作业中,传感器监测到起重量接近额定载荷,系统立即发出警报,操作人员及时停止作业,避免了超载可能导致的安全事故和质量问题。此外,还在混凝土结构中埋设了温度和应力传感器,实时监测混凝土

的温度变化和应力状态。在大体积混凝土浇筑过程中,根据传感器反馈的数据,及时调整了养护措施,确保了混凝土的质量。

4.2.3 大数据技术优化施工管理

对施工过程中产生的各类数据进行分析,建立了质量数据模型。通过对混凝土强度、钢筋焊接质量、钢结构安装精度等质量检测数据的分析,发现部分施工班组在钢筋焊接质量上存在波动。项目团队及时对相关班组进行了技术培训和指导,加强了质量管控,后续钢筋焊接质量合格率显著提高。同时,利用大数据技术对施工进度数据进行分析,预测了可能影响工期的风险因素,并提前制定了应对措施,确保了项目按时竣工。

4.3 应用效果

通过数字化施工技术的应用,上海中心大厦在施工过程中有效减少了质量问题,避免了大量的返工和工期延误。工程质量达到了国际先进水平,获得了多项国内外优质工程奖项。例如,该项目荣获了美国绿色建筑委员会颁发的LEED-CS白金级认证,成为中国首个获此殊荣的超高层建筑。同时,数字化施工技术的应用还提高了施工效率,降低了施工成本,为项目带来了显著的经济效益和社会效益。

结语

数字化施工技术在建筑工程质量控制中具有显著的优势和广阔的应用前景。通过BIM技术、物联网技术、大数据技术、3D打印技术等多种数字化技术的综合应用,能够实现建筑工程施工过程的精细化管理、实时质量监测与评估、多参与方协同工作,有效提高建筑工程质量,解决传统施工中的质量问题。随着技术的不断进步和应用经验的不断积累,数字化施工技术必将在建筑工程质量控制中发挥更加重要的作用,推动建筑行业向智能化、绿色化、高质量发展迈进。

参考文献

- [1]张晋.数字化技术在建筑工程施工质量控制中的应用[J].中国建筑装饰装修,2025,(02):81-83.
- [2]王瑞,魏军,王晓华.建筑工程结构施工中数字化技术应用和影响分析[J].新城建科技,2025,34(03):4-6.
- [3]罗器龙.数字化技术在建筑工程施工中的应用探析[J].新城建科技,2024,33(11):108-110.