

土建施工质量过程控制技术创新应用

李艳茂

中国能源建设集团天津电力建设有限公司 天津 300180

摘要:现代土建工程结构复杂度持续提升,施工工序交叉密集,现场工况动态变化明显。本文梳理传统过程控制存在的典型问题,结合现代化施工技术体系,分别探究 BIM 模拟预控、现场智能监测、数字化成品检测、全周期数据联动闭环管控等创新技术在施工全阶段的具体应用方式,分析各类创新技术在事前预控、事中动态监管、事后精准核验及问题溯源整改中的应用价值。

关键词:土建施工;质量过程;控制技术;创新;应用

引言

长期以来,国内土建施工质量管控普遍沿用传统人工监管模式。整体管控思维偏于事后验收,前置防控能力不足。人工巡检存在误差大、覆盖不全、实时性差等短板,质量数据零散割裂,无法形成完整的管控链条。随着现代建筑工程建设标准不断提高,结构造型更加复杂,传统粗放型管控手段已经难以满足高精度施工与全周期风险防控的行业需求,质量管控升级与技术创新成为行业发展的必然趋势。在建筑行业数字化转型的大背景下,各类智能化、数字化施工管控技术逐步落地普及,为施工质量过程控制提供了全新的技术路径。

1 传统土建施工质量过程控制现存问题

1.1 事前预控手段单一,隐患预判能力薄弱

(1) 传统土建事前预控工作内容相对固化,主要集中在图纸会审、施工方案编制以及简单的技术交底等基础工作层面。相关工作开展方式较为粗放,大多按照固定流程完成资料审核与方案报备,缺少针对项目施工难点、结构薄弱部位、复杂施工工序的专项风险研判。工作人员大多依托过往施工经验判定施工可行性,不会结合场地条件、工艺特点、材料性能等多重因素开展系统性风险分析。主观经验化的判断方式存在极大的不确定性,很容易遗漏各类潜在质量隐患。(2) 传统管控模式下没有成熟的数字化模拟与预判工具作为支撑,无法提前推演施工流程和工序衔接效果,也不能提前识别施工过程中可能出现的工艺偏差与结构隐患^[1]。对于土建工程中隐蔽性较强的基础施工、节点构造施工等环节,无法提前预判施工误差产生的影响。前期方案优化程度不足,风险防控要点梳理不全面,导致预控工作流于表面,无法从源头发挥质量防控作用。(3) 传统事前预控

缺少动态化的风险评估机制,前期风险识别完成后不会根据施工条件变化更新风险清单,前期制定的防控标准无法适配后续动态施工工况。单一且滞后的预控模式,让质量风险防控始终处于被动状态。大量前期未被发现的隐患会随着施工推进不断积累放大,在施工中后期逐步转化为实体质量缺陷,大幅增加工程返工概率与整改成本,严重制约土建工程整体质量管控水平的提升。

1.2 事中过程管控粗放,人工监管误差较大

(1) 传统事中管控的覆盖范围存在明显局限,现场管理人员的巡检频次和检查点位会受到人力数量、作业范围、作业时间的约束,无法对所有施工区域和连续作业过程进行不间断监测。多数检查工作只能选取部分点位开展抽样核查,大量隐蔽部位和连续施工环节无法得到实时监控。在多工种交叉作业的场景下,工序衔接位置的质量管控更容易被忽略,一些不规范的施工操作可以在未被发现的状态下持续进行。(2) 人工监管还会受到人员专业水平、工作状态与主观判断的影响,带来不可避免的监管误差。不同管理人员对质量标准的理解存在差异,对同类施工缺陷的判定尺度难以保持统一。长时间的现场巡查容易造成人员疲劳,降低对细微质量偏差的辨识能力。部分管理人员习惯于依靠经验判断施工质量,缺少标准化量化检测手段作为支撑,对尺寸偏差、密实程度等关键指标的判断容易出现失误。(3) 传统模式下的事中管控还缺少实时的数据留存手段,现场质量检查记录大多依靠纸质表单手工填写,记录内容容易出现滞后、遗漏或是描述模糊的情况。质量数据无法实现同步采集与共享,管理人员难以依托连续数据追踪质量变化趋势,只能在发现明显缺陷之后才开展处置工作。粗放的人工监管模式,使得事中质量控制的时效性

不足,很多工序缺陷在成型之后才被发现,不仅增加整改难度与工程投入,还会延长施工周期,对土建项目整体质量管控造成持续性负面影响。

1.3 事后验收模式滞后,问题整改闭环不足

(1)传统事后验收工作大多遵循固定的验收流程,验收时间节点固定,验收内容偏向表面化核查。工作人员主要针对外观质量、成型尺寸等直观指标开展检查,对于结构内部隐蔽缺陷、材料性能偏差、工序衔接隐患等深层问题排查力度不足。很多隐蔽质量问题无法在验收阶段被及时发现,会长期留存于工程结构内部,在后续使用过程中逐步暴露,影响建筑整体结构稳定性与使用寿命。(2)在质量问题整改环节,传统管控模式的闭环管理缺陷表现的更为突出。部分项目在验收发现质量缺陷后,仅开展简单的修补整改工作,没有对问题产生的根源进行深度分析。管理人员缺少对施工工艺、人员操作、管控流程的复盘梳理,无法从制度和技术层面杜绝同类问题的再次发生^[2]。简单整改的处理方式,会造成同类质量缺陷反复出现,让质量管控工作陷入反复整改、持续消耗的不良循环。(3)传统验收整改缺少完善的跟踪复核与归档机制,整改过程缺少全程监督,整改完成后复核标准不够严格,部分轻微质量问题存在敷衍整改、虚假整改的情况。同时质量问题的发现过程、整改措施、复核结果缺少系统化的数据留存,无法形成完整的质量管控台账。没有数据作为支撑的整改工作无法实现问题溯源,也不能为后续施工管控提供参考依据。滞后的验收模式和不完善的整改闭环体系,大幅降低了土建工程质量管控的有效性,持续制约施工质量标准化与精细化水平的提升。

2 创新技术在土建施工各阶段的过程控制应用

2.1 施工前期基于 BIM 的图纸优化与方案模拟预控

(1)相较于传统二维图纸的平面审核模式,BIM 技术可以将各类专业施工图纸整合为一体化三维模型。能够直观呈现建筑结构、机电管线、土建节点的空间布局,打破不同专业图纸相互独立造成的信息壁垒。技术人员可以依托模型开展全方位图纸核查工作,自动识别图纸中存在的尺寸偏差、构件冲突、空间碰撞以及设计不合理等问题。有效解决人工审图遗漏问题多、细节把控不到位的短板,大幅提升图纸问题的排查精度,从设计层面规避后续施工质量隐患。(2)在施工方案预控层面,BIM 技术可以实现施工流程的动态模拟推演。工作人员可以根据项目施工计划,在建模软件中还原各施工阶段的工序排布、资源配置、作业空间利用情况^[3]。通

过模拟施工全过程,提前预判工序衔接不畅、施工空间受限、大型设备作业冲突等潜在问题。针对复杂结构施工、高危作业工序提前优化施工顺序与作业方案,调整资源配置方式,修正不合理的施工规划内容,让施工方案更加贴合现场实际作业条件。(3)依托 BIM 技术完成图纸优化与方案模拟后,还能形成标准化的前期技术交底资料。三维模型相较于传统文字方案更加直观清晰,能够帮助施工管理人员和一线作业人员快速理解设计意图与施工标准,减少理解偏差造成的施工失误。这种前置化、数字化的预控方式,有效弥补了传统前期管控手段单一、预判能力薄弱的缺陷。最大限度减少施工前期的隐性风险,避免后期出现返工整改、工艺偏差等质量问题,为土建工程全过程质量管控筑牢前期基础。

2.2 施工中期智能监测对结构施工质量的动态管控

(1)智能监测系统可在施工结构内部及作业区域布设各类高精度传感设备,全天候采集结构沉降、构件形变、应力变化、基坑位移等关键质量数据。设备可以不间断开展数据采集工作,摆脱人工巡查时间与空间限制,实现施工过程的连续化监控。相较于传统人工定点抽检模式,智能监测能够将数据采集精度提升 40% 以上,可以精准捕捉人工无法识别的微小结构偏差,避免细微质量偏差逐步发展为结构性质量隐患^[4]。(2)在主体结构浇筑、基坑支护、梁柱构件施工等关键工序中,智能监测技术可以实时反馈施工状态变化。系统会根据预设的质量标准与安全阈值,自动对比实时监测数据。一旦施工参数出现异常波动,会第一时间发出预警提示,帮助管理人员及时调整施工工艺、作业节奏与资源配置。实现质量问题的提前干预,彻底改变传统事后发现问题再整改的被动管控模式,让结构施工始终处于规范可控的状态。(3)智能监测能够实现施工数据的实时留存与动态更新,形成连续性的施工质量台账。管理人员可以依托长期积累的数据,分析结构受力形变规律,精准把控施工质量控制要点,针对性优化后续施工工艺。持续的动态数据监测,能够有效降低结构施工超差、变形偏移、受力不均等常见质量问题的发生概率。通过智能化、自动化的事中管控模式,全面提升土建结构施工的标准化程度,为建筑主体结构的稳定性、安全性和施工质量提供可靠的技术保障。

2.3 施工后期数字化检测技术对成品质量的精准核验

(1)数字化检测技术涵盖三维扫描、无损检测、数字化测绘等多种新型检测手段,能够对土建成品结构开展全方位、无死角的质量核验工作。区别于传统人工只能检测外观、表层尺寸的局限性,数字化设备可以穿

透结构表层,精准检测内部密实度、构件厚度、施工缺陷、材料性能等隐性指标。有效解决传统验收无法检测隐蔽工程质量、细微缺陷难以识别的行业难题,让成品质量检测从表层核验转向全方位立体化核验。(2)数字化检测全程依托智能设备采集数据,规避了人工操作带来的主观判断误差与测量失误。检测数据可以自动生成标准化结果,无需人工反复换算与记录,大幅提升验收工作的规范性与精准度。同时检测流程更加高效,能够在不破坏成品结构、不影响工程后续施工的前提下完成质量核验,最大程度保护已完成施工成品,避免传统破坏性检测带来的资源浪费与结构损伤。(3)数字化检测技术可以将所有检测数据进行系统化留存,形成完整、连续、可追溯的成品质量档案。所有检测数据真实客观,能够清晰反映每一处成品构件的施工质量情况,为质量复核、问题整改、工程验收归档提供可靠的数据支撑。针对核验过程中发现的质量缺陷,技术人员可以依托精准数据分析问题成因,制定科学合理的整改方案,严格落实整改复核工作,完善质量管控闭环。数字化检测技术从核验精度、工作效率、闭环管理等多个维度优化后期验收工作,彻底解决传统事后验收模式滞后、疏漏多、闭环不足的问题,全面提升土建工程成品质量管控水平。

2.4 全周期数据联动实现质量问题溯源与闭环整改

(1)全周期数据联动体系会将施工筹备、结构施工、成品核验各阶段采集的质量信息统一接入数字化管理平台。平台可以持续汇总图纸信息、材料检测记录、工序监测数据、成品检测报告等多类资料,形成连贯的项目质量数据库。当现场出现质量缺陷时,管理人员可以调取对应时段的连续数据,反向追溯缺陷产生的时间节点、相关工序、作业班组与工艺参数。相关统计数据表明,采用全周期数据溯源方式后,质量问题根源定位的效率可以提升45%以上,大幅缩短问题排查消耗的时间^[5]。(2)在整改执行环节,数字化平台可以生成对应的整改任务单,明确整改内容、整改标准、责任人员以

及完成时限,自动推送至相关岗位。整改实施过程中同步采集现场影像与检测数据,实时上传至平台,方便管理人员远程跟踪整改进度。整改工作完成之后,复核人员需要再次采集检测数据上传核验,只有数据达到规范标准,该项质量问题才能标记为闭环。(3)数据联动体系还可以长期留存所有质量缺陷的溯源记录与整改资料,形成项目质量知识库。平台能够自动统计各类质量缺陷的发生频次,挖掘高频问题的共性诱因,为后续施工工序优化、工艺调整提供数据支撑,从源头降低同类缺陷重复出现的概率。依靠数据串联形成的溯源与闭环整改机制,打通土建施工各阶段质量管控的信息壁垒,改变以往发现问题只做简单修补的浅层处置模式,推动质量管控由被动整改转向主动预防,持续提升土建工程全过程质量控制的规范化水平。

结束语

综上所述,各类创新技术的组合应用,打通了土建工程施工事前、事中、事后的质量管控壁垒,构建了全流程、数据化、可溯源的新型质量管控体系,显著提升了施工质量控制的科学性与规范性。未来土建施工质量管控将持续向着智能化、数字化、精细化方向发展。后续可依托更多新型智能技术与大数据平台,进一步完善全过程动态预警机制,持续优化施工质量管控体系,为土建工程高质量建设发展提供持续的技术支撑。

参考文献

- [1] 曹文来,刘华.装配式建筑施工中预制构件连接技术质量控制与创新[J].四川水泥,2026,(5):124-126.
- [2] 樊君.工程管理中土建施工质量控制策略分析[J].大众科学,2026,47(8):185-187.
- [3] 滕冲.加强建筑土建施工中质量控制的措施分析[J].区域治理,2026,(6):0139-0141.
- [4] 刘旭东.现场土建施工管理的质量控制常见问题及优化策略探讨[J].新潮电子,2026,(6):238-240.
- [5] 詹卫东.土建施工现场管理土建施工技术质量控制分析[J].新潮电子,2026,(9):205-207.