

# 土木工程中混凝土施工技术的质量防控

刘庆文

广西建工集团建筑工程总承包有限公司 广西南宁 530000

**摘要：**混凝土是土木工程的主要建筑材料，其施工质量直接关系到建筑工程的安全性、耐久性和使用性能。随着建筑工程规模日益增大，混凝土施工也变得日趋复杂，为有效防控施工质量风险，需要综合运用先进技术手段和科学管理方法。本文分析了加强混凝土施工质量防控的重要意义，重点探讨了基于物联网的混凝土配比与搅拌监测、温度裂缝预测控制、浇筑振捣智能控制、养护与早期强度检测等关键技术。并从构建数字化质量追溯与监管体系、开发BIM质量预警机制、建立质量评价与持续改进机制、推进标准化与人员培训体系等方面提出了切实可行的实施策略，以期提升混凝土施工质量管理水平提供借鉴。

**关键词：**混凝土；施工技术；质量防控；实施策略

## 引言

混凝土是土木工程中应用最广泛的建筑材料，在房屋建筑、道路桥梁、水利工程等领域发挥着重要作用。我国建筑业快速发展，建筑规模不断扩大，对混凝土施工质量提出了更高要求，由于混凝土工程施工周期长、工序复杂、影响因素多，如何在施工过程中严格控制原材料质量、优化配合比设计、规范施工操作、加强养护管理等，做好质量防控显得尤为重要。大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术蓬勃兴起，以BIM为代表的数字化设计、施工、运维技术广泛应用，为加强工程质量追溯和风险预警提供了新手段。为有效提高混凝土施工质量防控水平，亟需加强关键施工技术研究，创新质量管理模式，推动新技术、新工艺、新标准在工程建设全过程的融合应用。

## 一、混凝土施工质量防控的重要意义

### 1. 确保工程安全与结构耐久性的基础保障

混凝土结构是土木工程的重要组成部分，其施工质量的优劣直接关系到建筑物的安全性和使用寿命。混凝土材料性能不稳定、配合比不合理、施工工艺不规范等问题，都可能导致结构裂缝、蜂窝麻面、强度不足等质量缺陷，严重危及建筑物的安全，特别是一些重大工程，如高层建筑、大跨度桥梁、水电大坝等，对混凝土强度、耐久性有更高要求，稍有疏忽都可能埋下安全隐患。加强混凝土施工的质量防控，严把原材料关、配合比关、工艺流程关，从源头遏制质量风险，是确保工程安全和延长结构使用寿命的重要基础。只有建立起事前预防、

事中控制、事后检验的全过程质量防控体系，才能从根本上消除安全隐患，让人民群众住得安心、用得放心<sup>[1]</sup>。

### 2. 降低工程返修与维护成本的经济价值

受混凝土工程施工复杂性、技术标准多样性等因素影响，建设过程中经常出现质量通病，如原材料质量波动、配合比失调、施工操作不当等。造成工程质量不合格，需要返工返修，不仅延误工期、增加成本，还会对建筑结构埋下安全隐患。建筑工程质量问题造成的返修费用约占工程总造价的3%~5%，而加强混凝土施工的事前质量策划、事中质量控制，能够有效避免质量通病，从源头上减少返工返修，节约不必要的经济损失。通过优化施工工艺、提高施工精度，提升混凝土结构的耐久性能，可减少后期维修维护频次，节约大量人力物力，降低建筑全寿命周期成本<sup>[2]</sup>。

### 3. 提升建筑品质与环境适应性的综合效益

随着人民生活水平提高，人们对建筑品质和使用体验提出了更高要求，混凝土施工质量直接影响建筑物的外观、使用功能和环境舒适度。通过严格控制混凝土的原材料质量、科学设计配合比、规范施工操作流程，提高混凝土结构的强度、韧性、抗渗性等，可以有效避免建筑物出现裂缝、漏水、保温隔音差等问题。给人们提供更加舒适、美观、实用的建筑空间，提升居住和使用体验，此外，加强混凝土耐久性能设计，采用高性能外加剂、掺合料等新材料，延长建筑使用寿命，可减少建筑垃圾产生，更加节能环保。而积极应用清水混凝土、彩色混凝土、透光混凝土等装饰性混凝土新工艺，又能突出建筑个性，展现独特的艺术效果，可见，把好混凝土

土质量关,对于打造精品工程、提升建筑品质和环境适应性,具有综合效益<sup>[3]</sup>。

## 二、混凝土施工质量防控的关键技术种类

### 1. 基于物联网的混凝土配比与搅拌监测技术

混凝土的原材料质量和配合比直接决定其性能,采用物联网技术对原材料进场、配料计量、混合搅拌等过程实施实时监控,是保证混凝土质量的关键。利用RFID电子标签对水泥、砂石、外加剂等原材料进行信息化管理,严格把控进场批次,避免使用不合格材料,在配料系统安装称重传感器。实时采集各原材料的计量数据,当数据偏离预设配合比时及时预警,确保配料准确性,在搅拌设备上安装物联网监测终端,通过振动传感器、温度传感器等,实时采集搅拌时间、搅拌均匀度、温度变化等数据,优化搅拌工艺参数。将采集的数据实时上传至云平台,通过大数据分析优化配合比,指导科学调配,确保混凝土性能稳定,为下道工序奠定质量基础,数据的全程记录也方便事后溯源,为工程质量责任划分提供依据<sup>[4]</sup>。

### 2. 混凝土温度裂缝预测与控制技术

温度裂缝是混凝土工程常见的质量通病,施工过程中内外温差过大、收缩变形受约束是主要诱因。利用物联网感知、大数据分析、有限元仿真等技术,对混凝土温度场与应力场进行精准预测和主动控制,能有效降低裂缝风险,在大体积混凝土、厚壁构件等部位埋设光纤光栅温度传感器。实时监测混凝土内部温度变化,并结合气象参数,分析混凝土内外温差变化规律,在BIM模型中导入结构参数、材料参数、环境参数,利用有限元软件模拟混凝土温度场,计算温度应力,预测裂缝风险,当发现裂缝风险时,及时采取冷却水循环降温、优化拆模时间、调整施工工艺等措施,主动控制裂缝,提高混凝土成型质量。还可利用大数据分析优化混凝土配合比,通过掺加膨胀剂、减水剂等外加剂,降低水化热、干缩变形,从材料配比上控制裂缝,预测、监测、控制三管齐下,显著降低温度裂缝发生率<sup>[5]</sup>。

### 3. 高精度混凝土浇筑与振捣智能控制技术

混凝土浇筑振捣质量事关结构的密实度和外观平整度,当前,泵送技术、激光平整技术、全站仪引导技术的应用。为实现高精度浇筑奠定了技术基础,通过在布料机上安装RTK定位装置,实时获取布料杆的空间坐标,引导操作手精准控制混凝土落点,确保均匀布料,浇筑过程中,在模板上安装激光接收器,配合激光整平机监测混凝土标高,实现毫米级平整度控制。大面积混凝土浇筑时,布设全站仪引导系统,能实现混凝土存积

量动态平衡,保证浇筑连续性,在振捣环节,采用插入式智能振捣器,内置加速度传感器监测混凝土液化程度,当混凝土液面不再下沉、水化停止时自动报警,保证振捣均匀,避免欠振或过振。振捣轨迹数据可实时传输到监控平台,便于质量追溯,浇筑、振捣智能协同,可显著提高混凝土成型质量,提升观感品质。

### 4. 混凝土结构养护与早期强度检测技术

养护是确保混凝土后期强度、耐久性的关键,采用物联网监测、声波检测等技术,可精准掌控养护过程。优化养护方案,利用湿度传感器监测覆盖层湿度变化,结合大数据分析优化洒水时间和频次,既避免裂缝,又节约水资源,利用声波检测原理,测定混凝土结构内部声波传播速度,推算其动弹模量,评估养护效果,针对不同工程部位,环境条件,实施智能化差异化养护,提高混凝土整体性能。在养护过程中,采用无损检测技术动态评估混凝土早期强度,为拆模时机、后续施工进度优化提供依据。如采用回弹法、超声回弹综合法等,在不破坏结构的情况下推算混凝土强度,当强度达到设计值的75%以上时,可安全拆除模板,加快施工进度,同时,将检测数据纳入BIM模型,可形象掌握结构薄弱部位,有针对性地增强养护,避免后期质量缺陷,养护检测一体化,可有效提高养护时效,保证结构安全。

## 三、混凝土施工质量防控的实施策略

### 1. 构建全流程数字化质量追溯与监管体系

实现混凝土质量可追溯、全过程可监管是质量防控的重要保障,利用物联网、大数据、区块链等新一代信息技术。构建覆盖原材料采购、配合比设计、生产运输、浇筑振捣、养护检测等全流程的数字化管理平台,对各环节质量数据进行采集、传输、存储、分析,实现质量数据全周期留痕和关键环节实时预警,从源头看,可利用电子标签、二维码等对原材料进行信息化管理,做到原材料可溯源。生产环节,利用称重传感器、温湿度传感器等对配料、拌合过程实施监控,及时发现偏差;施工环节,基于北斗定位、激光扫描、视频监控等技术,对浇筑、振捣过程进行可视化监管,确保施工质量受控;后期养护环节,利用无线传感网络实时监测混凝土温湿度变化,优化养护工艺。

### 2. 开发基于BIM的混凝土施工质量预警机制

BIM技术以其数字化、可视化、参数化、协同化的特点,为工程质量管理插上了腾飞的翅膀。将BIM模型与物联网感知数据相结合,开发混凝土施工质量预警系统,能够实现施工全过程的精细化质量管控,首先,在

BIM软件中建立结构模型，细化到钢筋、模板、混凝土等构件级别，为质量信息管理提供数字化载体，在此基础上，将物联网传感器布设方案、监测数据接入BIM模型，通过参数关联实现质量数据的可视化呈现。可基于BIM模拟混凝土灌注过程，优化浇筑方案；振捣时，可将振捣器位置、时间参数与结构构件相关联，精准指导振捣作业；养护阶段，可将温湿度监测数据与结构构件相映射，区域化呈现养护效果，当监测数据偏离预设阈值时，系统自动预警，提示相关人员采取措施，消除质量隐患。BIM还可集成设计阶段的规范，施工阶段的工艺标准，自动审查模型及其参数是否满足要求，事前预警质量风险，一旦发现不符合情况，及时反馈设计、施工等相关单位，优化完善。质量问题一旦发生，也能快速定位问题构件，并从BIM模型中调取施工记录，准确说明成因，为整改提供依据。基于BIM的质量预警机制能够“事前防患、事中控制、事后诊断”，形成闭环管理，为保证工程质量安全提供有力抓手。

### 3. 建立混凝土施工质量评价与持续改进机制

质量评价是总结经验、发现问题、改进提高的重要手段，建立科学的混凝土施工质量评价机制。加强过程监控、及时反馈，对发现的共性、典型问题“举一反三”，持续优化，是提升质量管控水平的关键举措，质量评价要覆盖原材料、配合比、生产、施工、养护等各个环节，制定各环节的质量目标和考核标准，定期组织“回头看”，对标找差，查补漏洞。评价要坚持过程考核与结果考核并重，过程中，要重点盯防原材料进场把关、施工工艺遵循、设备运行状态等薄弱环节；结果上，要重点考察混凝土强度、外观质量、结构尺寸偏差等关键指标，以终为始，倒逼过程管控，要建立质量问题“台账”，详细记录各类质量缺陷发生的时间、部位、原因，并及时反馈到相关单位和人员，督促整改闭环。定期召开质量分析会，总结归纳共性问题，剖析根源，制定优化方案，用于指导后续施工，防止同类问题重复发生，质量评价要与绩效考核挂钩。将各参建单位的质量表现与工程款支付、信用评价相结合，调动各方参与的积极性，对质量事故“零容忍”，对屡教不改、情节严重的单位和个人，要严肃问责，触发“一票否决”。

### 4. 推进混凝土施工质量标准化与人员培训体系

标准是质量的基石，人员是质量的保证，推行施工质量标准化，完善人员教育培训，是提高混凝土工程质量管理能力和水平的根本举措。要建立健全混凝土工程质量标准体系，规范原材料选用、配合比设计、施工工艺流程、检验评定等方面的技术标准，为质量管控提供

统一的“度量衡”，积极采用国际标准，鼓励企业制定高于国家标准、行业标准的企业标准，引领行业质量提升。要及时修订完善既有标准，使其适应新材料、新工艺、新技术的发展需要，针对重点工程、新型结构，制定专项施工质量标准，强化疑难问题技术攻关。要广泛开展质量教育培训，依托大数据分析，准确把握人员技能短板，因材施教，有的放矢，采用线上线下相结合的方式，实现教育培训常态化、制度化，线下，通过集中培训、现场观摩等，组织工程技术人员、质量管理人员、一线作业人员等学习标准规范、掌握操作要领；线上，充分利用信息化手段，建设网络课堂，编制体系化的培训资源包，实现自主学习、在线考核。

### 结束语

混凝土工程质量事关建筑安全和人民生命财产安全，容不得半点马虎，新时期，土木工程建设必须树立“质量第一”的理念。将质量防控贯穿混凝土施工全过程、各环节，要积极运用物联网、大数据、BIM等先进技术，加强混凝土配比、温度控制、浇筑振捣、养护检测等关键环节的智能化管控，实现质量问题的精准感知和闭环处置。智能建造、装配式建筑等新兴建造方式不断涌现，混凝土绿色化、高性能化趋势日益明显，对工程质量提出新的更高要求，广大工程建设者理应把握时代脉搏，立足新发展阶段。贯彻新发展理念，继承和发扬“工匠精神”，坚持精益建造、智慧建造，打造经得起历史和实践检验的优质工程，为建设现代化强国、实现中华民族伟大复兴的中国梦作出新的更大贡献。

### 参考文献

- [1] 黄同金. 土木工程中混凝土施工技术的质量防控措施[J/OL]. 中国科技期刊数据库 工业C, 2018(7) [2018-07-23].
- [2] 王云娣. 探析土木工程中混凝土施工技术的质量防控[J/OL]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2020(1) [2020-01-09].
- [3] 冯耀金. 简述土木工程中混凝土施工技术的质量防控[J/OL]. 中国科技期刊数据库 工业B, 2017(11) [2017-12-22].
- [4] 张辉. 土木工程中混凝土施工技术的质量防控研析[J/OL]. 中文科技期刊数据库(全文版) 工程技术, 2021(12) [2021-12-01].
- [5] 曹建平. 土木工程中混凝土施工技术的质量防控综述[J]. 科技信息, 2010, (19): 366-366+371.