

# 土木工程中混凝土浇筑施工技术的应用探讨

白银星

河南锦源建设有限公司 河南 郑州 452370

**摘要:** 本文聚焦土木工程中混凝土浇筑施工技术,阐述其基础理论,涵盖混凝土配比、浇筑原则及关键参数控制。分析大体积混凝土、超高层核心筒、特殊环境与异形结构等典型场景下的技术应用要点。针对蜂窝、麻面等质量缺陷,构建“事前预防、事中控制、事后处理”防治体系,并引入智能化监控手段。探讨新材料应用、智能化装备研发、行业标准化与可持续发展等技术创新方向。研究表明,科学应用混凝土浇筑技术并持续创新,可提升工程质量,推动土木工程行业向高效、环保、智能化方向发展。

**关键词:** 混凝土浇筑; 施工技术; 质量控制; 裂缝防治

引言: 混凝土浇筑施工技术作为土木工程建设的核心关键技术,是保障建筑结构安全、耐久与使用性能的核心环节,贯穿房建、路桥、市政、水利等各类土木工程项目全流程。其施工质量直接决定工程结构的承载能力、抗渗抗裂性能及整体服役寿命,更是影响工程建设效率、成本管控与施工安全的重要因素。

## 1 混凝土浇筑施工基础理论

混凝土浇筑施工基础理论是建筑工程领域的核心知识体系之一。其核心在于通过科学配比的水泥、骨料(砂、石)、水及外加剂,经充分搅拌形成均匀塑性混合物,经浇筑、振捣、养护等工序形成结构实体。施工过程需严格遵循“分层分段、连续作业”原则:首先,浇筑前需检查模板刚度、钢筋保护层厚度及预埋件位置,确保结构承载力与使用功能;其次,采用分层振捣工艺,通过插入式或平板式振捣器排除气泡,保证混凝土密实度达到设计要求(通常 $\geq 95\%$ ),避免蜂窝麻面等质量缺陷;再者,需控制浇筑高度超过2m时设置串筒或溜槽,防止离析现象;最后,养护阶段通过覆盖保湿膜、喷淋养护等措施维持混凝土表面湿润,确保水泥水化反应充分进行,强度持续增长<sup>[1]</sup>。整个过程需实时监测坍落度、入模温度等参数,配合比设计应兼顾工作性与耐久性,最终形成符合设计强度等级(如C30-C60)的均质结构体,为建筑物提供长期安全保障。

## 2 典型工程场景下的技术应用分析

### 2.1 大体积混凝土浇筑技术

大体积混凝土浇筑因结构厚度大、水泥水化热集中,易产生温度裂缝,核心技术围绕温度控制与裂缝防治展开。施工前需进行水化热计算,采用“双掺技术”优化配合比,掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料替代30%-50%水泥,降低水化热峰值,同时掺入高效缓凝减水剂,延长

凝结时间,减少坍落度损失。浇筑工艺多采用分层连续浇筑或推移式连续浇筑,分层厚度控制在30-40cm,采用斜面分层时坡度控制在1:6-1:8,利用混凝土泵车分区布料,确保浇筑连续无冷缝。温度控制是关键环节,浇筑前对骨料洒水降温、对模板预冷,浇筑过程中实时监测入模温度,浇筑后立即覆盖保温被并铺设冷却水管,通过循环水带走内部热量,将内外温差控制在25°C以内。养护阶段采用蓄水养护或覆盖保湿养护,养护时间不少于14天,同时布置温度监测点,每2小时记录一次温度数据,根据监测结果调整冷却水流速或保温措施。

### 2.2 超高层建筑核心筒浇筑技术

超高层建筑核心筒作为竖向承重与抗侧力关键构件,浇筑技术需解决高空作业、垂直度控制及快速施工难题。核心筒混凝土强度等级通常为C60-C80高性能混凝土,配合比设计中采用低水胶比(0.28-0.32),掺入硅灰、超细矿粉提升强度与密实度,选用聚羧酸系高效减水剂保障工作性,满足长距离泵送要求。浇筑设备采用超高压混凝土泵,配备专用耐磨输送管,通过布料机精准布料,布料机安装于核心筒内部操作平台,随施工进度同步提升。垂直度控制通过激光垂准仪实时监测,每浇筑一层进行一次垂直度校准,模板采用液压爬模系统,爬模提升速度与混凝土强度增长匹配,确保模板稳定性。为实现快速施工,采用“跳仓浇筑”结合“分层振捣”工艺,将核心筒划分为2-3个仓段交替浇筑,每层浇筑厚度50cm,使用高频插入式振捣器振捣,振捣时间控制在15-20秒。浇筑后采用带模养护与喷雾养护结合方式,保持混凝土表面湿润。

### 2.3 特殊环境浇筑技术

特殊环境浇筑需针对高温、严寒、高海拔、腐蚀等工况制定专项技术方案。高温环境下,浇筑时间选择在

早晚低温时段,采用冰水拌制混凝土降低出机温度,骨料堆设遮阳棚并洒水降温,运输车辆加盖保温遮阳罩,浇筑后立即覆盖保湿被并喷雾降温,同时掺入缓凝剂延长初凝时间,防止表面失水开裂。严寒环境施工需采用加热水拌制混凝土,确保入模温度不低于5℃,模板外侧包裹保温层,浇筑后覆盖电热毯与保温被,必要时设置暖棚养护,掺入早强剂与引气剂提升早期强度和抗冻性,避免冻融破坏。高海拔地区因气压低、昼夜温差大,需调整配合比增加水泥用量提升强度,采用高压泵送设备保障输送能力,浇筑后加强保温养护,减少温度应力影响。腐蚀环境(如海洋、化工场地)采用海工混凝土配合比,掺入阻锈剂,选用抗腐蚀骨料,浇筑时确保密实度,养护完成后涂刷防腐涂层,提升结构抗腐蚀能力。

#### 2.4 异形结构浇筑技术

异形结构(如曲面、折线、不规则造型)浇筑核心在于模板支撑与混凝土布料的精准控制。模板工程采用定制钢模或玻璃钢模,确保模板表面光滑且与设计造型贴合,支撑系统采用满堂脚手架结合可调顶托,通过有限元分析验算支撑刚度,防止浇筑过程中模板变形。布料方式根据结构造型选择,曲面结构采用“多点布料、对称推进”工艺,在模板外侧标注布料点位,通过软管布料机逐点布料,确保混凝土均匀填充;折线结构采用“分段浇筑、梯度推进”方式,按折线转折点划分浇筑段,每段从低处向高处浇筑,避免出现施工缝<sup>[2]</sup>。振捣作业采用小型插入式振捣器与附着式振捣器结合,异形转角处使用微型振捣棒,确保振捣到位,同时控制振捣时间,防止过振导致模板变形。浇筑过程中设置变形监测点,实时监测模板与支撑系统位移,发现异常立即调整浇筑速度或暂停施工。养护阶段采用定制保温保湿罩覆盖,确保结构各个部位养护均匀,养护时间不少于14天,拆模时按“先非承重后承重、先侧模后底模”原则进行,避免拆模过早导致结构开裂。

### 3 混凝土浇筑质量缺陷与防治措施

#### 3.1 常见缺陷类型

混凝土浇筑常见质量缺陷可分为外观缺陷与内部缺陷,各缺陷成因与表现形式明确。蜂窝缺陷表现为混凝土表面出现蜂窝状孔洞,孔洞直径通常为5-20mm,主要因布料不均、振捣不到位导致,骨料堆积处砂浆填充不足,形成局部空隙,常见于钢筋密集部位或模板转角处。麻面缺陷为表面呈现密集小凹点,无深度,多因模板表面不光滑、未涂刷脱模剂或脱模过早,混凝土表面砂浆黏附于模板表面脱落所致,在平面模板浇筑部位较为常见。露筋缺陷指钢筋暴露于混凝土表面,分为局部露筋

与大面积露筋,局部露筋因振捣时钢筋移位、保护层厚度不足引发,大面积露筋则因布料时钢筋被混凝土冲击移位或模板漏浆导致。裂缝缺陷类型多样,温度裂缝多呈纵向或横向分布,宽度0.1-0.5mm,由水化热或环境温度差引发;收缩裂缝多为细小网状或长条状,因混凝土养护不及时表面失水过快导致;施工缝裂缝位于新旧混凝土结合处,因浇筑间歇时间过长、结合面未处理到位引发。内部空洞为隐蔽缺陷,由布料中断、漏振严重导致,需通过超声波检测发现。

#### 3.2 缺陷防治技术体系

混凝土浇筑质量缺陷防治需建立“事前预防、事中控制、事后处理”的全流程技术体系。事前预防阶段,材料进场时严格检验,水泥需检测强度、安定性,骨料需筛查级配与含泥量,外加剂需验证适配性,不合格材料严禁使用;配合比经试验室试配优化,确保工作性与强度达标,根据施工环境调整外加剂类型。事中控制核心为工艺管控,布料时遵循“分层布料、对称均匀”原则,钢筋密集部位采用串筒或溜槽布料,避免骨料堆积;振捣作业执行“快插慢拔、分层振捣”规范,振捣棒插入下层混凝土5-10cm,确保上下层结合紧密;模板安装前检查表面平整度,涂刷专用脱模剂,接缝处采用密封胶封堵,防止漏浆。事后处理需针对不同缺陷采取对应措施,蜂窝、麻面缺陷先剔除松散部分,采用同配合比水泥砂浆修补;露筋缺陷需清理钢筋表面锈蚀,增大保护层厚度后用高一强度等级混凝土修补;裂缝缺陷宽度小于0.2mm时采用环氧树脂灌注封闭,宽度大于0.2mm时采用压力注浆处理,内部空洞需通过钻孔注浆填充,处理后进行强度检测<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 智能化质量监控手段

智能化技术为混凝土浇筑质量监控提供精准高效的解决方案,实现从材料到成型的全流程可视化监控。材料监控环节,采用物联网技术对砂石骨料、水泥等原材料进行溯源管理,通过射频识别标签记录材料产地、进场时间及检验报告,同时在搅拌站安装传感器实时监测拌和物坍落度、出机温度,数据自动上传至云端平台,超标时立即报警。浇筑过程监控采用高清摄像头结合AI算法,实时识别布料均匀性、振捣时长等关键工序,发现漏振、过振等问题时向现场人员发送预警信息;温度监控采用分布式光纤传感器,沿结构深度布置传感点,实时采集混凝土内部温度数据,通过平台生成温度梯度曲线,自动判断是否存在温度裂缝风险。成型后质量检测采用超声波探伤与回弹法结合,超声波检测仪通过波形分析识别内部空洞、裂缝等缺陷,回弹法快速检测表

面强度，数据与设计值对比后生成质量评估报告。

#### 4 技术创新与未来发展趋势

##### 4.1 新材料应用前景

混凝土浇筑领域新材料应用聚焦于提升性能、降低能耗与实现环保，呈现多元化发展趋势。高性能外加剂技术持续突破，聚羧酸系减水剂向高减水率、低收缩方向发展，减水率可达40%以上，能显著降低水胶比，提升混凝土强度与耐久性；生物基外加剂利用微生物代谢产物制备，兼具缓凝、保水功能，且可降解性提升，减少环境负担。新型胶凝材料逐步替代传统水泥，碱激发矿渣水泥以工业废渣为主要原料，水化热低、抗腐蚀性能优异，在大体积混凝土与腐蚀环境工程中应用前景广阔；地质聚合物水泥通过碱激发铝硅酸盐材料制备，碳排放较传统水泥降低60%以上，符合低碳发展要求。功能型混凝土材料实现专项性能突破，自修复混凝土掺入微生物孢子与营养剂，裂缝产生时孢子萌发形成碳酸钙填充裂缝；自密实混凝土无需振捣即可自动填充模板，工作性优异，适用于异形结构与钢筋密集部位浇筑；轻质高强混凝土采用陶粒、膨胀珍珠岩等轻质骨料，密度降低30%以上，同时保持高强度，可减轻结构自重，提升超高层建筑抗震性能，这些新材料的推广应用将推动混凝土工程向高效、环保、高性能方向转型。

##### 4.2 智能化施工装备研发

智能化施工装备研发聚焦于提升施工效率、降低人工依赖与保障施工安全，形成系列化创新成果。混凝土输送设备向高压、智能控制方向发展，超高压混凝土泵最大输送压力可达80MPa，能满足300米以上超高层建筑浇筑需求，配备智能控制系统可实时监测输送压力、流量，自动调整泵送速度，避免堵管事故。布料设备实现精准定位与自动化操作，智能布料机配备激光定位与视觉导航系统，可根据BIM模型自动规划布料路径，通过机械臂精准调整布料位置，误差控制在5cm以内，适用于大面积与异形结构浇筑。振捣设备采用智能振捣机器人，搭载振动传感器与无线通信模块，可根据混凝土坍落度自动调整振捣频率与时间，振捣完成后自动移动至下一点位，同时将振捣数据上传至平台，实现振捣过程可追

溯。无人搅拌运输车配备自动驾驶系统，通过卫星定位与路径规划实现自动装卸料与运输，减少人工操作，提升运输效率，这些装备的应用将推动混凝土施工向自动化、智能化流水线作业转型。

##### 4.3 行业标准化与可持续发展

混凝土浇筑行业正通过标准化建设与可持续发展策略，实现高质量发展转型。标准化体系逐步完善，针对新材料、新工艺制定专项标准，如高性能混凝土应用技术标准明确了不同强度等级混凝土的配合比设计、施工参数与质量检测要求；智能化施工标准规范了智能装备操作流程、数据传输格式与质量评估指标，确保技术应用的统一性与规范性<sup>[4]</sup>。行业协会牵头建立标准化信息平台，整合各类标准资源，为企业提供在线查询与更新服务，推动标准落地实施。可持续发展方面，推广绿色施工理念，采用工业废渣（如粉煤灰、矿渣）替代水泥，降低碳排放，2025年重点工程废渣利用率已达50%以上；推行建筑垃圾回收利用技术，将废弃混凝土破碎加工为再生骨料，用于制备低强度混凝土或路基材料，实现资源循环利用。

#### 结束语

混凝土浇筑作为土木工程的关键环节，其施工技术水平直接影响工程质量与耐久性。本文通过理论剖析、场景应用、缺陷防治及创新展望，系统梳理了混凝土浇筑施工要点。随着新材料、智能化装备的涌现，以及标准化与可持续发展理念的深入，混凝土浇筑技术正迎来新的发展机遇。

#### 参考文献

- [1]吴金瑞.土木工程建筑中混凝土结构的施工技术研讨[J].佛山陶瓷, 2024, 34(03): 63-65.
- [2]石善昌.土木工程施工建设中混凝土施工技术的探究[J].北方建筑, 2023, 8(02): 67-70.
- [3]张引, 程洪富, 何永豪.对土木工程建筑中混凝土结构的施工技术的研究[J].2024(2): 106-108.
- [4]生玲玲, 陈康.土木工程施工建设中混凝土施工技术的探究[J].数码-移动生活, 2023(8): 285-286.