

# 土木建设与混凝土施工技术浅谈

项楚渝 胡明华

安徽省交通规划研究总院股份有限公司 安徽 合肥 230000

**摘要：**混凝土作为土木建设中的核心材料，其施工技术直接影响工程结构的安全性与耐久性。本文从混凝土材料特性出发，探讨配合比优化、温度应力控制、分层浇筑及振捣等关键技术要点，结合大体积混凝土、深基坑支护等典型应用场景，分析裂缝防治、抗渗性提升等质量管控措施。同时，展望超高性能混凝土、自修复材料等创新方向，为土木工程绿色化、智能化发展提供技术参考。

**关键词：**土木建设；混凝土施工技术；核心应用；常见问题；对策

引言：土木建设是国家发展的基础支撑，而混凝土作为其核心材料，施工技术直接决定工程的质量与寿命。随着建筑规模扩大、结构形式复杂化及环境适应性要求提升，混凝土技术需兼顾强度、耐久性与施工效率的平衡。本文从混凝土材料特性与施工工艺出发，结合典型工程场景，分析关键技术控制要点及常见问题对策，并探讨智能化、绿色化创新方向，为土木工程可持续发展提供技术参考。

## 1 混凝土施工技术基础理论

### 1.1 混凝土材料特性

(1) 原材料组成中，水泥作为胶凝材料，常用硅酸盐水泥，需根据工程环境选合适品种；骨料分粗骨料（碎石、卵石，粒径5-25mm）和细骨料（中砂为主，含泥量≤3%）；外加剂可改善性能，如减水剂减少用水量、缓凝剂延长凝结时间，掺量需严格按配合比控制。(2) 混凝土强度等级按立方体抗压强度标准值划分，从C15到C80，不同工程选对应等级，如基础用C25-C30；性能指标还包括抗渗性（P6-P12等级）、抗冻性（F50-F300等级），需结合使用环境确定。

### 1.2 施工技术分类与流程

(1) 模板工程设计要计算承载力，保证刚度和稳定性；安装需精准定位，接缝严密防漏浆；拆除遵循“先支后拆、后支先拆”原则，承重模板需待混凝土强度达75%以上方可拆除。(2) 钢筋工程加工包括调直、切断、弯曲，误差控制在规范范围内；绑扎要确保间距均匀，保护层厚度达标；连接可采用绑扎搭接、焊接（电弧焊、闪光对焊）或机械连接（直螺纹套筒），保证接头强度。(3) 混凝土浇筑需分层进行，分层厚度根据振捣方式确定（插入式振捣为300-500mm）；振捣要密实，避免漏振、过振；养护需及时覆盖保湿，常温下养护不少于7天，抗渗混凝土不少于14天<sup>[1]</sup>。

### 1.3 关键技术指标

(1) 坍落度控制需匹配施工方式，泵送混凝土坍落度100-160mm，现场浇筑50-90mm，施工中每2小时检测一次，偏差超20mm需调整。(2) 配合比设计优化要兼顾强度与经济性，通过试配确定水胶比，高强混凝土水胶比≤0.38，同时控制砂率35%-45%，减少离析。(3) 养护条件对强度影响显著，温度低于5°C需采取保温措施，否则强度增长缓慢；湿度不足会导致表面开裂，强度降低10%-20%。

## 2 土木建设中混凝土施工技术的核心应用

### 2.1 基础施工环节

(1) 大体积混凝土施工需重点管控温度应力，预防裂缝产生。通常采用分层浇筑法，每层厚度控制在300-500mm，浇筑间隔不超过混凝土初凝时间；内部预埋冷却水管，通入循环水降低水化热，将内外温差控制在25°C以内；表面覆盖保温棉或麻袋，减少热量散失，同时在混凝土中掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料，替代部分水泥，降低水化热峰值。(2) 深基坑支护中混凝土应用广泛，常见形式有排桩支护、地下连续墙。排桩支护采用钻孔灌注桩，桩径多为800-1200mm，桩间距1.2-1.5m，混凝土强度等级不低于C30，确保桩体承载能力；地下连续墙施工时，需采用膨润土泥浆护壁，成槽后浇筑C35-C40抗渗混凝土（抗渗等级P8-P10），墙体厚度600-1200mm，形成连续防渗支护结构，抵御基坑周边土压力与地下水压力。

### 2.2 主体结构施工

(1) 高层建筑混凝土泵送技术需解决垂直输送难题，选用高性能泵送混凝土，坍落度控制在180-220mm，且具备良好的和易性与保水性；采用超高压混凝土泵（工作压力≥35MPa），搭配耐磨输送管，垂直输送高度可达300m以上；施工中合理布置布料机，避免输送管

弯折角度过大，同时在混凝土中掺入缓凝型减水剂，延长初凝时间，确保浇筑连续性。（2）预制构件与装配式建筑连接技术是结构安全的关键，常见灌浆套筒连接。预制柱、梁端部预留钢筋，插入对应灌浆套筒后，灌注高强度无收缩灌浆料（抗压强度 $\geq 85\text{ MPa}$ ），灌浆料需饱满，密实度通过超声波检测；叠合楼板拼缝处采用后浇带连接，浇筑C35微膨胀混凝土，补偿收缩，防止拼缝开裂，确保装配式结构整体受力性能<sup>[2]</sup>。

### 2.3 特殊工程场景

（1）桥梁工程中高强混凝土应用于主梁、桥墩等关键部位，强度等级多为C50-C80，通过优化配合比，采用低水胶比（0.28-0.35）、掺入硅灰等活性掺合料，提升混凝土抗压强度与抗折强度；同时添加纤维（钢纤维、聚丙烯纤维），增强抗裂性能，适应桥梁承受的动荷载与疲劳作用，延长使用寿命。（2）水利工程的抗渗混凝土技术核心是提升抗渗性能，常用C25-C40混凝土，抗渗等级P8-P12，通过调整骨料级配，增加密实度，同时掺入引气剂，形成均匀微小气泡，阻断渗水通道；在大坝、水闸等部位，采用连续浇筑工艺，设置止水带（橡胶止水带、铜止水带），加强施工缝防渗处理，防止渗漏<sup>[3]</sup>。（3）极地或海洋环境下的耐久性混凝土需抵御极端气候与腐蚀介质，采用低氯离子含量水泥（氯离子含量 $\leq 0.06\%$ ），掺入阻锈剂（亚硝酸钙、氨基醇类阻锈剂），防止钢筋锈蚀；添加抗冻剂（乙二醇、尿素类），提升混凝土抗冻等级至F300以上，适应极地低温冻融循环；海洋环境中还需控制水胶比 $\leq 0.40$ ，增强混凝土密实度，抵御海水盐分侵蚀。

## 3 土木建设中混凝土施工技术的常见问题与对策

### 3.1 质量问题分析

（1）裂缝产生多源于温度应力与收缩变形。温度应力方面，大体积混凝土水化热积聚，内外温差超 $25^{\circ}\text{C}$ 易引发裂缝；收缩变形则因混凝土初凝后水分蒸发过快，或养护不及时导致体积收缩。防治需优化配合比，掺入粉煤灰降低水化热，浇筑后覆盖保温层，同时采用二次振捣减少内部空隙，确保养护期湿度达标。（2）蜂窝麻面与孔洞多因浇筑振捣不密实、模板接缝漏浆或混凝土离析所致。施工中需控制坍落度在合理范围，振捣时插入式振捣器移动间距不超作用半径1.5倍，确保无漏振；模板安装前需检查密封性，接缝处粘贴海绵条，浇筑前先浇筑50-100mm厚同配比水泥砂浆，避免烂根。若出现缺陷，小面积蜂窝麻面可用1:2水泥砂浆修补，孔洞需剔除松散部分，采用高一强度等级混凝土分层浇筑密实。（3）强度不足多因配合比偏差、养护不当或原材料

质量不达标。补救需先检测实际强度，若轻度不足，可在表面涂刷界面剂后浇筑50-80mm厚高一强度等级细石混凝土；中度不足可采用压力注浆，注入环氧树脂浆液提升强度；严重不足则需拆除返工，重新按规范浇筑合格混凝土，同时追溯问题根源，调整配合比并加强原材料进场检验。

### 3.2 技术优化方向

（1）智能化施工提升质量管控精度。物联网监测系统可实时采集混凝土温度、湿度、应力数据，通过云端平台分析预警，如大体积混凝土温控系统可自动调节冷却水管流量；3D打印技术适用于复杂构件施工，采用特种打印混凝土（流动性好、早期强度高），实现免模板浇筑，减少人为误差，目前已用于小型景观构件、装配式建筑节点制造。（2）绿色混凝土材料助力可持续发展。再生骨料混凝土将建筑垃圾破碎筛分后替代部分天然骨料，掺量可达30%-50%，用于路基、非承重墙体等部位，降低资源消耗；低碳水泥（如石灰石硅酸盐水泥）替代传统硅酸盐水泥，每吨可减少碳排放15%-20%，搭配矿渣粉、粉煤灰等掺合料，在保证强度的同时实现低碳生产。（3）自动化设备提高施工效率与质量。机械振捣采用智能振捣机器人，通过传感器识别混凝土密实度，自动调整振捣时间与频率，避免漏振、过振；智能养护系统可根据环境温湿度自动调节喷淋量与保温措施，如桥墩养护中，智能覆膜系统能实时监测混凝土表面温度，确保养护条件稳定<sup>[4]</sup>。

### 3.3 管理措施改进

（1）构建施工过程质量控制体系。实行“三检制”（自检、互检、专检），每道工序验收合格后方可进入下一道；建立原材料追溯系统，对水泥、骨料、外加剂等实行批次管理，不合格材料严禁入场；关键环节（如大体积混凝土浇筑、预应力张拉）需编制专项施工方案，经专家论证后实施，同时留存影像资料备查。（2）加强人员培训与安全操作规范。定期组织施工人员培训，涵盖混凝土施工工艺、质量标准、安全操作规程（如振捣设备使用、高空作业防护），考核合格后方可上岗；施工现场设置警示标识，配备安全帽、安全带等防护用品，杜绝违章作业，同时建立应急预案，针对混凝土浇筑中断、设备故障等突发情况制定处置流程，确保施工安全有序。

## 4 土木建设中混凝土施工技术的发展趋势

### 4.1 技术创新方向

（1）超高性能混凝土（UHPC）的推广应用加速。其抗压强度可达150-250MPa，抗拉强度超8MPa，兼具高韧

性与抗渗性，通过掺入钢纤维、超细硅灰等组分优化性能，目前已用于桥梁铺装层、隧道衬砌、高层建筑关键节点等场景。未来将进一步降低成本，开发免蒸养UHPC配方，拓展至装配式构件连接、海洋工程结构等领域，减少结构截面尺寸，提升工程使用寿命至100年以上。

(2) 自修复混凝土材料研发取得突破，成为解决裂缝问题的核心方向。主流技术路径包括微生物自修复（掺入芽孢杆菌，遇水激活生成碳酸钙填充裂缝）、胶囊型自修复（内装环氧树脂等修复剂，裂缝扩展时胶囊破裂释放修复剂）、形状记忆合金自修复（利用合金相变产生的应力闭合微裂缝）。当前研发重点是提高修复效率与耐久性，未来有望实现“裂缝-修复-再监测”的闭环功能，减少后期维护成本，尤其适用于隧道、水利大坝等难检修工程<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 行业规范与标准化

(1) 国内外施工标准存在差异，需推动协同统一。

国际上，美国ACI规范侧重材料性能指标与施工工艺细节，欧洲EN标准强调环境适应性与耐久性设计；国内GB规范在大体积混凝土温控、装配式混凝土连接等领域更贴合本土工程需求，但在超高性能混凝土、智能化施工等新兴领域标准滞后于国际。未来需加强国际对标，借鉴欧美先进经验，完善UHPC应用、自修复材料性能评价等细分标准，同时推动中国标准在“一带一路”基建项目中的推广应用。(2) 智能化施工标准制定需求迫切。当前物联网监测、3D打印混凝土等技术缺乏统一标准，如传感器布设密度、数据传输协议、3D打印构件强度检测方法等尚未明确，导致技术应用规范性不足。需加快制定《混凝土智能化施工技术标准》，明确智能设备选型要求、监测数据阈值、质量验收指标等内容，建立“数据采集-分析-预警-管控”的标准化流程，保障智能化技术安全高效落地。

#### 4.3 可持续发展要求

(1) 低碳排放与循环利用技术成为行业转型重点。

一方面，通过推广低碳水泥（如硫铝酸盐水泥、石灰石硅酸盐水泥）、优化配合比（提高掺合料替代率至50%

以上），每立方米混凝土碳排放可从传统的280kg降至180kg以下；另一方面，完善再生骨料分级利用体系，将建筑垃圾破碎加工的再生骨料分为I-V级，分别用于路基垫层、非承重构件、承重构件，2030年目标实现再生骨料利用率超60%，同时探索工业固废（钢渣、粉煤灰）在混凝土中的高值化应用，推动“资源-产品-废弃物-再生资源”的循环模式。(2) 适应气候变化的耐久性设计成为新要求。极端气候（高温、严寒、强降雨）频发，需优化混凝土耐久性设计体系：高温地区采用耐热骨料与缓凝型外加剂，提升混凝土耐高温性能；严寒地区提高抗冻等级至F400以上，掺入引气剂改善孔结构；多雨地区加强抗渗设计，采用自密实混凝土减少施工缺陷。同时，建立基于气候分区的耐久性数据库，结合大数据预测不同气候条件下混凝土性能衰减规律，为工程设计提供精准依据，确保结构在气候变化背景下仍能满足使用年限要求。

#### 结束语

混凝土施工技术是土木建设质量的核心保障，贯穿于材料配比、浇筑养护到结构成型的全生命周期。随着建筑功能多元化与环境挑战加剧，技术创新需兼顾强度、耐久性与绿色低碳目标。未来，超高性能混凝土、智能监测技术及模块化施工的融合应用，将推动行业向高效化、精细化方向升级，为构建安全、环保、智能的土木工程体系提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1] 朱金梅,葛冬冬.土木工程施工建设中混凝土施工技术的探究[J].模型世界,2023(12):142-144.
- [2] 王凌珍.浅述混凝土施工技术在土建施工建设中的应用[J].居业,2024,(02):90-92.
- [3] 李婷.土木工程中混凝土浇筑施工技术的应用[J].中国水泥,2025,(03):112-114.
- [4] 魏彩云.土木工程施工中混凝土浇筑施工技术的应用[J].建材发展导向,2025,23(02):100-102.
- [5] 宋迪.土木工程中的混凝土施工技术研究[J].四川建材,2024,50(09):107-108.