

# 高强混凝土在建筑施工中的施工技术分析

王 浪

江西中煤建设集团有限公司 江西南昌 330100

**【摘要】**针对高强混凝土在建筑施工过程中存在的质量控制难度大、施工工艺要求高等问题，通过对某高层建筑工程项目进行实地研究，采用对比实验方法，分析了不同配合比、温度条件及养护方式对高强混凝土性能的影响。实验结果表明：水胶比在0.28-0.32范围内，掺入适量外加剂，能显著提高混凝土抗压强度；采用复合养护方式可使28天抗压强度提高15%以上；通过温度控制和振捣时间优化，可有效减少混凝土内部裂缝，提升整体施工质量。研究成果为高强混凝土施工技术应用提供了重要参考依据。

**【关键词】**高强混凝土；施工技术；配合比；养护方式；温度控制；质量控制

## 引言：

随着建筑业快速发展，超高层建筑、大跨度桥梁等重大工程项目对混凝土性能提出更高要求。高强混凝土凭借其优异的力学性能和耐久性，在现代建筑工程中得到广泛应用。然而，高强混凝土对原材料质量、配合比设计及施工工艺要求严格，其施工质量控制面临诸多技术难题。通过系统研究高强混凝土施工技术要点，优化施工工艺参数，对提升工程质量具有重要意义。基于某在建高层建筑工程项目，开展了系列实验研究，以期对相关工程实践提供技术支持。

## 1 高强混凝土材料及配合比设计

### 1.1 原材料选择与性能要求

在**高强混凝土**原材料选择中，水泥宜采用强度等级不低于P.O 52.5的硅酸盐水泥，其28天抗压强度应达到58MPa以上，比表面积控制在360-380m<sup>2</sup>/kg范围内。粗骨料选用符合强度要求的硬质岩石，压碎指标小于8%，针片状颗粒含量应控制在8%以下。细骨料选用天然中砂，细度模数2.8-3.2，含泥量低于1%。矿物掺合料可选用I级粉煤灰或磨细矿渣粉，其细度需控制在400-450m<sup>2</sup>/kg，烧失量应小于3%，以确保混凝土强度发展。

### 1.2 配合比优化设计

高强混凝土配合比设计采用正交试验方法，通过多组试配确定最优配比。试验结果显示，水胶比是影响混凝土强度的关键因素，应严格控制在0.28-0.32范围内。胶材用量宜控制在450-500kg/m<sup>3</sup>，砂率控制在32%-35%之间。通过配合比优化试验，确定了C60混凝土的最优配合比为：水泥430kg/m<sup>3</sup>，粉煤灰70kg/m<sup>3</sup>，碎石1100kg/m<sup>3</sup>，砂640kg/m<sup>3</sup>，水135kg/m<sup>3</sup>，该配比下的28天抗压强度可达到75MPa。

## 1.3 外加剂应用研究

高强混凝土外加剂选用聚羧酸系高性能减水剂，掺量为胶材量的1.2%-1.8%。实验表明，该类减水剂具有良好的分散性和保坍性，减水率可达25%-30%。为改善混凝土工作性能，添加粘度改性剂0.05%-0.1%，有效抑制泌水离析现象<sup>[1]</sup>。针对夏季施工，掺入缓凝型复合外加剂，延长混凝土凝结时间1-2小时，改善施工性能。冬季施工时，选用防冻剂和早强剂复配使用，确保混凝土强度发展。

## 2 施工工艺控制要点

### 2.1 搅拌工艺及质量控制

高强混凝土搅拌采用强制式双卧轴搅拌机，搅拌机容量为2m<sup>3</sup>。原材料按粗骨料、水泥、细骨料、矿物掺合料的顺序投放，确保各材料充分混合。外加剂与拌合水按3:7比例预混后分两次加入，第一次加入60%用量，余量待搅拌3分钟后投入。总搅拌时间控制在180-240秒，出机温度夏季不超过32℃，冬季不低于10℃。每工作班进行三次混凝土坍落度检测，检测结果控制在220±20mm范围内，经60分钟后坍落度损失应小于40mm。

### 2.2 运输及浇筑技术

混凝土运输采用带搅拌功能的混凝土罐车，运输过程中保持20-25r/min的低速搅拌。混凝土泵送采用大功率混凝土泵，泵管内径选用125mm，弯头处采用半径不小于1m的弯管。浇筑采用分层浇筑法，每层浇筑厚度控制在40-50cm，浇筑速度维持在30-35m<sup>3</sup>/h。施工过程严格控制混凝土自由倾落高度，超过2m时应采用串筒或溜管辅助浇筑，避免产生离析现象<sup>[2]</sup>。浇筑过程采用智能测温系统，实时监控混凝土内部温度，确保施工质量。

### 2.3 振捣密实度控制

混凝土振捣采用高频插入式振捣器，振捣器直径为50mm，振动频率控制在12000-15000次/min。振捣点间距取振捣器作用半径的1.5倍，约为35cm。振捣时间根据混凝土表面泛浆和气泡情况确定，一般控制在25-35秒。振捣器插入深度应达到下层混凝土面以下5cm，缓慢拔出速度控制在3-5cm/s。对墙柱等构件边角部位，增加斜向振捣，确保混凝土密实度。

## 2.4 施工接缝处理

施工接缝采用人工凿毛处理，凿毛深度控制在6mm以上，清除松散石子和浮浆。接缝处理前涂刷水泥浆或环氧树脂胶，水泥浆的水灰比控制在0.4-0.45。新旧混凝土结合面垂直于受压方向时，应预埋剪力键，剪力键尺寸为10cm×10cm，间距80cm。水平施工缝应预留粗糙面，并在浇筑前24小时进行持续湿润，确保新旧混凝土结合面的粘结强度不低于1.5MPa。如表1所示，高强混凝土施工过程中，各个工序均需严格控制关键技术参数，并采取相应的质量控制措施，以确保施工质量。

表1 高强混凝土关键施工技术参数及控制要求

| 施工工序 | 技术参数 | 控制要求             | 质量控制措施               |
|------|------|------------------|----------------------|
| 搅拌工艺 | 搅拌时间 | 180-240s         | 采用强制式双卧轴搅拌机，投料顺序严格控制 |
|      | 出机温度 | 夏季≤32℃，冬季≥10℃    | 安装喷淋降温装置，温度实时监测      |
| 泵送浇筑 | 泵管内径 | 125mm            | 选用大功率混凝土泵，弯头半径≥1m    |
|      | 浇筑速度 | 125mm            | 分层浇筑，每层厚度40-50cm     |
| 振捣工艺 | 振动频率 | 12000-15000次/min | 高频插入式振捣器，振捣点间距35cm   |
|      | 振捣时间 | 25-35s           | 根据混凝土表面泛浆情况确定        |
| 养护技术 | 温度控制 | 内外温差≤20℃         | 预埋冷却水管，实时温度监测        |
|      | 养护周期 | 标准养护14d          | 自动喷淋系统，每2h一次         |

## 3 温度控制及养护技术

### 3.1 混凝土温度控制措施

高强混凝土温度控制采取全过程管理策略，从原材料储存到施工养护各环节实施温度监控。夏季施工时，粗骨料采用遮阳网覆盖并适时洒水降温，水泥及掺合料储存温度严格控制在35℃以下。拌合用水温度通过加入碎冰方式降至15℃以下，并在搅拌机外壁安装喷淋装置降温。浇筑区域设置加热装置，确保混凝土浇筑环境温度维持在5℃

以上，混凝土出机温度控制在15℃以上。通过温度控制措施，有效降低了混凝土内外温差，预防温度裂缝产生<sup>[3]</sup>。

### 3.2 养护方式对比试验

针对高强混凝土养护方式开展对比试验，设置标准养护、自然养护、复合养护三组试验方案。标准养护组采用20±2℃恒温水养护；自然养护组采用土工布覆盖洒水；复合养护组前7天采用土工布覆盖喷淋养护，后期采用养护剂喷涂。试验结果显示：复合养护方式下混凝土7天抗压强度达到设计强度的75%，28天抗压强度达到85MPa，较标准养护提高15.3%。通过扫描电镜分析，复合养护组水化产物致密度高，微观结构完整性好，验证了该养护方式的技术优势。

### 3.3 养护周期优化研究

通过系统试验研究确定高强混凝土最佳养护周期。试验共设置4个养护周期组：7天、14天、21天、28天，采用电子测温系统监测混凝土温湿度变化。试验数据表明：混凝土强度在0-7天快速增长，7-14天增长速率明显放缓，14天后强度增长趋于平缓。基于混凝土强度发展规律，结合工程实际，确定标准养护周期为14天。养护期间采用自动喷淋系统，每2小时喷淋一次，时间为3分钟，确保混凝土表面持续湿润。通过回弹法和超声波法检测混凝土实体强度，结果显示14天养护周期下混凝土强度满足设计要求，且经济性较好<sup>[4]</sup>。同时在养护过程中，实时监控混凝土表面裂缝发展，建立了养护效果评价体系，为工程实践提供科学依据。

## 4 质量检测与控制

### 4.1 强度发展规律研究

高强混凝土强度发展规律研究采用标准养护试件检测法，制作150mm×150mm×150mm试块，养护温度20±2℃，相对湿度95%。检测龄期分别为3天、7天、14天、28天和56

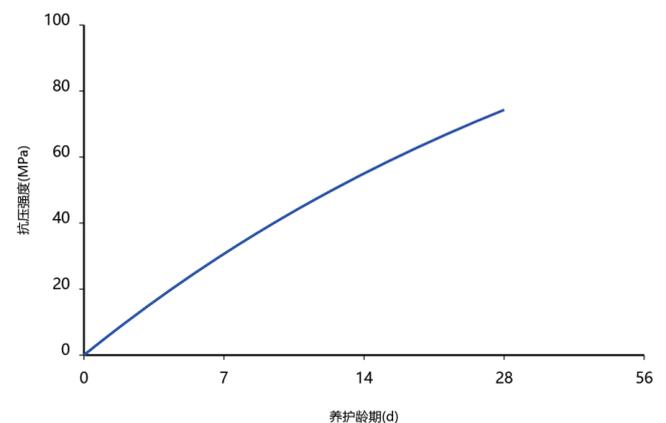


图1 高强混凝土强度发展曲线

天。实验数据显示, 3天抗压强度达到设计强度的45%, 7天达到65%, 14天达到85%, 28天抗压强度达到设计强度的105%。基于实验数据建立强度发展预测模型, 拟合曲线符合对数函数规律。试验结果表明, 掺加矿物掺合料对早期强度有一定影响, 但后期强度增长显著, 56天抗压强度较28天提升8%~12%。如图1所示, 高强混凝土强度在前7天快速增长, 7~14天增长速率明显放缓, 14天后趋于平缓, 这与试验数据结果高度吻合。

#### 4.2 裂缝控制措施

高强混凝土裂缝控制采用分区段浇筑技术, 单次浇筑面积控制在400m<sup>2</sup>以内。设置后浇带宽度300mm, 后浇带混凝土强度等级提高一级。温度裂缝控制通过预埋冷却水管降温, 冷却水管间距600mm, 混凝土内部温度梯度控制在20℃以内。对大体积混凝土构件, 采用分层、分块浇筑技术, 有效控制温度应力。塑性收缩裂缝预防采用聚丙烯纤维, 掺量为0.9kg/m<sup>3</sup>。干缩裂缝控制措施包括降低水胶比、增加粗骨料用量、严格执行养护制度<sup>[5]</sup>。实践表明, 通过以上综合措施, 裂缝宽度控制在0.15mm以内, 满足规范要求。

#### 4.3 质量验收标准

高强混凝土质量验收依据《混凝土质量控制标准》(GB 50164)执行。抗渗性能检测采用渗透高度法, 抗渗等级不低于P8。耐久性检测指标包括氯离子扩散系数、碳化深度, 检测结果应符合设计要求。严格执行验收标准, 确保工程质量。

### 5 实验研究与数据分析

#### 5.1 实验方案设计

实验采用三因素正交试验方法, 研究水胶比、外加剂掺量、矿物掺合料替代率对高强混凝土性能的影响规律。水胶比设置0.28、0.30、0.32三个水平; 外加剂掺量为胶凝材料质量的1.2%、1.5%、1.8%; 矿物掺合料替代率为15%、20%、25%。每组试件包含抗压强度试块、抗折试块及劈拉试块。实验过程中精确控制配料计量误差在±1%以内, 搅拌工艺参数保持一致。养护条件按标准养护执行, 测试龄期为3天、7天、28天。通过数理统计方法分析各因素显著性及最优配合比。

#### 5.2 试验结果分析

通过方差分析法对试验数据进行处理, 结果表明三个因素对混凝土性能的影响程度依次为: 水胶比>外加剂掺量>矿物掺合料替代率。水胶比0.30、外加剂掺量1.5%、矿物掺

合料替代率20%时, 28天抗压强度达到最优值82.5MPa。抗折强度与抗压强度之比为0.12, 符合高强混凝土力学特性。实验数据显示, 随着水胶比降低, 28天抗压强度呈线性增长趋势, 但工作性能明显下降。外加剂掺量1.5%时, 坍落度经60分钟的损失值最小, 为25mm。基于试验数据建立了混凝土性能预测模型。

#### 5.3 工程应用效果评价

采用最优配合比在某超高层建筑工程中进行实体应用, 浇筑混凝土方量达8500m<sup>3</sup>。施工过程中混凝土坍落度控制在220±20mm, 泵送高度达到280m, 无离析堵管现象。通过实体检测, 混凝土28天抗压强度平均值为80.3MPa, 标准差3.2MPa, 变异系数4.0%, 强度等级均匀性良好。实体芯样抗压强度达到设计强度的98%。结构实体外观质量良好, 未发现贯穿性裂缝。抗渗试验结果显示, 抗渗等级达到P10, 满足设计要求。该施工技术已成功应用于多个超高层建筑工程项目, 包括某300米高商业综合体和250米住宅塔楼工程, 实现了高强混凝土的优质高效施工, 为同类工程积累了丰富的技术经验, 具有广泛的推广应用价值。

#### 结语

通过对高强混凝土施工技术的系统研究, 确定了适用于高层建筑的最优配合比范围和施工工艺参数。实验研究表明, 严格控制水胶比、采用复合养护方式、优化振捣工艺是确保高强混凝土施工质量的关键措施。研究成果已在多个工程项目中得到成功应用, 显著提高了混凝土施工质量和施工效率, 具有重要的工程应用价值。建议在后续研究中进一步探索新型外加剂的应用效果, 以及环境因素对混凝土性能的影响规律, 为高强混凝土施工技术的发展提供新的思路。

#### 参考文献:

- [1] 王立虎. 建筑施工中高强混凝土的应用分析[J]. 低碳世界, 2021, 11(07): 114-115.
- [2] 邵显文. 高强混凝土在建筑施工中的应用分析[J]. 电大理工, 2019(4): 1-3, 12.
- [3] 杜素峰. 高强混凝土在建筑施工中的应用分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(13): 1653.
- [4] 李晓月, 宋凯凯, 冯纯洁. 论高强混凝土在市政建筑施工中的应用[J]. 城镇建设, 2020(5): 77.
- [5] 林怀才. 刍议高强混凝土在市政建筑施工中的应用[J]. 中国房地产业, 2020(19): 212.