

浅析建筑施工中混凝土原材料检测技术

张君瑞

乌鲁木齐房地产开发(集团)有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830002

[摘要] 文章系统探讨建筑施工中混凝土原材料检测技术的核心要点, 从水泥、粉煤灰、用水、骨料及外加剂等关键材料的检测方法切入, 结合行业最新技术标准 and 工程实践案例, 分析检测技术在质量保障、环境保护及可持续发展中的重要作用。通过对检测仪器配置、人员培训、质量控制体系等关键环节的论述, 提出具有可操作性的质量管控策略, 为提升建筑工程质量提供理论支撑。

[关键词] 混凝土; 原材料检测; 质量控制; 绿色建筑; 检测技术

DOI: 10.33142/sca.v8i5.16427

中图分类号: TU712.3

文献标识码: A

Brief Analysis of Concrete Raw Material Testing Technology in Construction

ZHANG Junrui

Urumqi Real Estate Development (Group) Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830002, China

Abstract: This article systematically explores the core points of concrete raw material testing technology in construction, starting from the testing methods of key materials such as cement, fly ash, water, aggregates, and additives. Combined with the latest industry technical standards and engineering practice cases, it analyzes the important role of testing technology in quality assurance, environmental protection, and sustainable development. By discussing key aspects such as instrument configuration, personnel training, and quality control system, feasible quality control strategies are proposed to provide theoretical support for improving the quality of construction projects.

Keywords: concrete; raw material testing; quality control; green building; detection technology

随着“双碳”目标驱动下的建筑行业转型升级, 混凝土原材料检测技术正面临更高要求。2023 年住建部发布的《绿色建筑质量提升三年行动方案》明确指出, 建筑材料的全过程质量监管是保障工程安全的基础。根据中国建筑材料联合会统计, 2022 年国内混凝土年产量突破 35 亿立方米, 但同期因材料问题引发的工程质量事故占比仍达 12.6%。在此背景下, 构建科学完善的原材料检测体系, 已成为实现工程质量提升和绿色发展的必由之路。

1 混凝土原材料检测技术的重要意义

1.1 混凝土原材料检测是质量保障的关键

混凝土由砂、石、水泥、外加剂和水等多种原材料按一定比例混合, 经标准施工工艺制成, 其施工质量在很大程度上依赖于原材料的质量与施工技术。在建筑工程中, 混凝土应用极为广泛, 一旦混凝土质量存在问题, 将直接影响整个工程的结构安全与使用寿命, 严重时甚至可能危及施工人员和使用者的生命财产安全。因此, 确保混凝土原材料的质量符合工程建设要求, 具有重要意义。混凝土原材料检测技术作为控制原材料质量的重要手段, 是保障混凝土性能达标、提升工程整体质量的有力支撑。

1.2 混凝土原材料检测是健康与环保的保障

当前建筑行业正朝着绿色、环保、可持续发展的方向迈进, 越来越多的新型环保材料与绿色施工技术被广泛应

用于工程实践中。建筑行业本身属于资源消耗量较大的领域, 为实现资源的高效利用和有害物质的有效控制, 必须依赖科学的混凝土原材料检测技术。通过对原材理化性能的检测与分析, 可以科学评估其环境友好性与使用性能, 合理配置各种原材料的用量, 最大程度地提高其利用率^[1]。这样不仅有助于节约资源, 还能大幅提升混凝土的环保水平, 避免有害成分对使用者身体健康造成潜在危害, 从而实现建筑工程的绿色、安全、可持续发展。

2 建筑施工中混凝土原材料检测技术

2.1 水泥材料检测

水泥作为混凝土的核心胶凝材料, 其性能直接影响混凝土的强度发展与耐久特性。检测过程需系统评估物理性能和化学组分, 重点涵盖凝结时间、安定性及抗压强度等核心指标。凝结时间检测通过标准稠度用水量测定后, 采用维卡仪精确记录初凝与终凝时间节点, 确保施工可操作性。安定性检测主要针对水泥硬化过程中体积变化的稳定性, 雷氏夹法与沸煮法的联合应用可有效识别游离氧化钙、氧化镁等有害成分的潜在危害。抗压强度检测需严格遵循标准养护条件, 成型试件经特定龄期养护后, 通过压力试验机测定其力学性能。对于特殊工程环境, 还需开展氯离子含量检测, 采用化学滴定法或电位分析法, 防止钢筋锈蚀风险。近年来, 全自动检测设备的普及实现了温湿度控

制、数据采集与分析的全流程标准化,显著提升了检测结果的可信度。随着低热水泥在水利工程中的推广,水化热检测的重要性日益凸显,通过溶解热法或直接法测定水化放热曲线,为温控防裂提供数据支撑。此外,水泥比表面积检测采用勃氏透气法,通过测定空气透过水泥层的阻力,推算颗粒细度对早期强度发展的影响规律。

2.2 粉煤灰检测

粉煤灰作为活性矿物掺合料,其品质控制对改善混凝土工作性、降低水化热具有关键作用。检测体系需围绕物理特性与化学活性展开,细度检测通过负压筛析仪测定 $45\mu\text{m}$ 方孔筛筛余量,评估颗粒分布对混凝土流动性的影响。需水量比试验通过对比基准胶砂与掺粉煤灰胶砂的流动度差异,定量评价其对用水量的调节能力^[2]。活性指数检测则通过测定掺粉煤灰试件与基准试件的抗压强度比,验证其火山灰效应强度贡献。针对高钙粉煤灰的特殊性,需额外检测游离氧化钙含量,避免安定性不良导致的体积膨胀问题。随着固废资源化利用要求的提升,碳含量检测成为新焦点,灼烧失重法与热重分析法的结合应用可准确测定未燃碳组分。检测过程中需特别注意样品的均匀性处理,避免因取样偏差影响检测结果代表性。

2.3 用水检测

混凝土拌合用水的品质控制是保障硬化体耐久性的基础环节,检测范围涵盖pH值、离子含量及有机物污染等多个维度。pH值检测采用玻璃电极法,确保溶液酸碱性处于中性范围,避免对水泥水化过程产生干扰。氯离子检测通过硝酸银滴定法或离子选择性电极法,严格控制有害离子引入量,预防钢筋电化学腐蚀。硫酸根离子检测常选用重量法,通过氯化钡沉淀反应定量分析其浓度。对于再生水或不明水源,需开展有机物污染检测,高锰酸盐指数法与总有机碳测定法的组合应用可全面评估水质安全。在特殊气候区域,还需检测水的冰点或沸点特性,分析其对混凝土施工养护的影响。检测过程中应建立水源变化跟踪机制,对季节性水质波动实施动态监控。

2.4 砂的检测

细骨料的质量控制关乎混凝土拌合物的黏聚性与保水性,检测体系需覆盖粒径分布、洁净度及矿物组成等要素。细度模数检测通过标准筛分确定砂粒粗细程度,为配合比设计提供基础数据。含泥量检测采用水洗法分离黏土类物质,对于机制砂还需增加石粉含量测定,亚甲基蓝吸附试验可有效区分黏土与石粉的本质差异。氯离子检测在沿海地区尤为重要,通过化学滴定法精准测定可溶性盐含量。针对海砂使用场景,贝壳含量检测采用盐酸溶解法,定量分析碳酸盐杂质比例。人工砂的检测需特别关注颗粒棱角性与石粉特性,流动度比试验可综合评价其对混凝土工作性的影响。现代化检测中引入的激光粒度分析技术,可在数分钟内完成颗粒级配的全谱分析,显著提升检测精度。

2.5 添加剂检测

化学外加剂的检测聚焦于功能特性验证与有害物质控制,需根据产品类型制定差异化的检测方案。减水率检测通过对比基准混凝土与受检混凝土的用水量差异,评价其分散效果。凝结时间差检测采用贯入阻力法,分析外加剂对水泥水化进程的调节作用。抗压强度比试验验证外加剂对混凝土力学性能的长期影响,涵盖3d、7d、28d等多个龄期。对于早强型外加剂,需重点检测氯离子含量,采用离子色谱法确保检测灵敏度。缓凝剂检测需增加水泥净浆流动度经时损失测定,评估其效果持续性。引气剂检测通过硬化混凝土气孔结构分析,测定含气量与气泡间距系数^[3]。当前分子表征技术的应用,如红外光谱分析,可有效识别外加剂官能团结构,为质量溯源提供科学依据。膨胀剂检测需进行限制膨胀率测定,采用比长仪记录水中养护与空气中养护的变形差异。防冻剂检测重点验证冰点降低效果与强度发展规律,通过低温环境模拟试验评估实际效能。对于复合型外加剂,需开展组分兼容性检测,采用紫外分光光度法分析各成分的协同作用机制。

3 建筑施工中混凝土原材料检测质控措施

3.1 做好检测仪器设置

检测仪器的精准度与可靠性是保障检测数据有效性的物质基础,需建立全生命周期的管理体系。设备选型阶段应根据检测参数特性匹配仪器精度等级,例如氯离子检测需配置分辨率达0.001%的电位滴定仪。校准管理需严格执行国家计量检定规程,对关键设备如压力试验机、电子天平等实施周期性强制检定,建立包含日常点检、期间核查的三级校验制度。环境控制方面,实验室需配置恒温恒湿系统,确保温度波动不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度偏差控制在 $\pm 5\%$ 范围内。对于精密光学仪器,应设置防尘防震独立工作台,消除外界干扰因素。设备维护保养需制定标准化作业流程,包括定期润滑、部件更换及软件升级,特别关注传感器灵敏度衰减问题。智能化设备的应用需配套数据加密传输与存储系统,防止检测数据在采集传输过程中被篡改。

3.2 完善针对性的性能检测方案

检测方案的制定需结合工程特征与环境条件进行动态优化,形成差异化的技术路线。对于特殊工程结构如大跨度预应力构件,需增加早期弹性模量检测项目以控制张拉时效。在海洋环境或除冰盐使用区域,应强化氯离子扩散系数检测频次,建立腐蚀风险的预判机制。针对新型材料应用场景,如超高性能混凝土需设计高温养护条件下的强度发展曲线检测。季节性施工时应调整检测参数组合,冬季重点监控防冻组分有效性,雨季加强骨料含水率跟踪检测。检测时序规划需匹配施工进度,在材料进场、生产拌合、浇筑养护等关键节点设置检测窗口期。对于争议性检测结果,应建立复检机制与多方法验证程序,确保结论的科学性与权威性。

3.3 控制检测质量标准

质量标准的动态管理是适应材料特性波动的重要调控手段。在国家标准框架下,应根据工程重要等级制定分级控制指标,对主体结构材料执行严于规范的企业内控标准。建立检测参数的动态阈值体系,例如根据砂石含水率变化自动调整拌合水计量允差范围。实施检测数据趋势分析,运用统计过程控制技术识别材料性能的异常波动,当连续三个检测批次超出警告限时启动预警机制。对于多指标关联参数,需建立交互影响矩阵,如粉煤灰需水量比与减水剂掺量的协同效应模型。标准更新应对机制需保持灵敏性,及时将新颁布的技术规范纳入检测流程,例如最新发布的碱骨料反应检测方法应在一个月内完成检测能力建设。

3.4 加强对检测人员的培训

人员技术能力与职业素养直接影响检测活动的实施质量,需构建多维度的培养体系。专业技能培训应覆盖仪器操作、标准理解与异常处置三个维度,通过虚拟仿真系统模拟各类故障场景提升实操能力。继续教育机制需跟踪行业技术发展,定期开展新型检测方法专题培训,如光谱分析技术的原理与应用。职业道德教育应强化质量责任意识,建立检测报告终身负责制与追溯机制。能力验证方面,通过盲样考核、实验室间比对等方式持续评估人员技术水平,对未达标者实施离岗再培训。建立分级授权管理制度,根据人员资质与经验分级授予检测项目签字权。针对新兴的智能检测设备,需开展人机协作专项培训,确保操作人员能准确解读自动化检测结果并识别系统误差。

3.5 控制材料抽检过程

抽样检验的科学性决定了检测结果的代表性,需建立全过程受控的作业体系。抽样方案设计应基于材料特性与供应稳定性,对波动性较大的地材提高抽样频率与样本数量。取样操作严格执行空间分布原则,散装材料需在料堆不同深度与方位多点取样,袋装材料按随机数表确定抽取包数。样品制备过程需规范破碎、缩分、混匀等操作,骨料样品处理应避免二次破碎改变原始级配。样品标识系统采用唯一性编码,包含材料类别、批次号及取样时间等要素,实现全过程可追溯。运输储存环节需配置专用容器,防止样品污染或水分蒸发。建立备用样品管理制度,对争议性检测结果启用封存副样进行复验。抽样过程监督采用双人互检模式,关键环节留存影像记录备查。

3.6 完善质量检测体系

系统性管理架构的构建是实现持续改进的核心路径。组织架构需设立独立的质量监督部门,实施检测流程的垂直管理。文件控制体系应覆盖管理制度、作业指导书及记

录表格三个层级,确保各环节操作有据可依。风险防控机制需建立 FMEA 失效模式分析模型,预先识别取样偏差、仪器漂移等潜在风险点^[4]。信息化建设重点推进检测数据与生产管理系统的互联互通,实现超标数据的自动拦截与预警。供应商评价体系将检测合格率、质量稳定性等指标纳入考核,实施动态分级管理。持续改进机制通过管理评审与内部审计发现问题,制定纠正预防措施并跟踪验证效果。对于多项目检测机构,需建立矩阵式管理模式,平衡资源共享与项目独立性的关系。

4 结语

在建筑业高质量发展的新阶段,混凝土原材料检测技术体系正经历从经验判断向科学量化的深刻转变。随着检测技术智能化、检测标准精细化、检测管理规范化的持续推进,工程质量保障能力得到系统性提升。检测仪器的迭代升级实现了检测精度与效率的同步优化,智能感知技术与数字化平台的融合应用,使材料性能的实时监控与预测预警成为可能。质量控制措施的体系化构建,通过全过程追溯、动态化调整与闭环管理,有效遏制了材料质量波动引发的工程风险。检测人员专业素养的持续培育,为检测活动注入了人才动能,分级培训与能力验证机制的结合,确保了技术标准执行的准确性与一致性。现场管理水平的全面提升,从仓储防护到过程监控的多维度优化,构建起预防为主的质量保障网络。在可持续发展理念驱动下,检测技术正加速向环境友好型演进,绿色检测方法与资源节约型质控策略的创新应用,推动着建筑行业生态化转型。未来,混凝土原材料检测技术将深度融入建筑工业化与智能建造体系,通过物联网、大数据等新兴技术的赋能,实现材料性能的云端诊断与智能决策。标准化与个性化的有机统一,将使检测方案设计更具工程适应性,为复杂工况下的质量管控提供精准支撑。

[参考文献]

- [1]王智谋. 公路工程水泥混凝土原材料试验检测技术研究[J]. 建材发展导向, 2023, 21(24): 36-38.
- [2]李梅芳. 公路工程中水泥混凝土原材料试验检测技术[J]. 运输经理世界, 2024(22): 153-155.
- [3]王亮亮. 浅析建筑施工中混凝土原材料检测技术[J]. 中国建筑装饰装修, 2024(9): 108-110.
- [4]陈刚. 建筑混凝土原材料检测关键技术探析[J]. 大众标准化, 2023(10): 178-180.

作者简介: 张君瑞(1976.8—), 毕业院校: 新疆农业大学, 所学专业: 土木工程专业, 当前就职单位: 乌鲁木齐房地产开发(集团)有限公司, 职称级别: 建筑施工中级。